



СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗМІЦНЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ

*Лабораторний практикум
для студентів освітнього рівня «магістр»
спеціальності «Матеріалознавство»
(ОПП «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»)*



Хмельницький національний університет

**СИСТЕМИ
АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
ЗМІЦНЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ**

*Лабораторний практикум
для студентів освітнього рівня «магістр»
спеціальності 132 «Матеріалознавство»
(ОПП «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»)*

*Затверджено на засіданні
кафедри трибології, автомобілів
та матеріалознавства.
Протокол № 8 від 19.05.2021*

Хмельницький 2021

Системи автоматизованого проектування технологічних процесів зміцнення та відновлення : лабораторний практикум для студентів освітнього рівня «магістр» спеціальності 132 «Матеріалознавство» (ОПП «Відновлення та технічний сервіс автомобілів») / уклад. О. Ю. Рудик. Хмельницький : ХНУ, 2021. 63 с.

Укладач: Рудик О. Ю., канд. техн. наук, доц.

Відповідальний за випуск: Диха О. В., д-р техн. наук, проф.

Редактор-коректор: Яремчук В. С.

Технічне редагування і верстка: Карпанасюк В. П.

Макетування здійснено редакційно-видавничим відділом Хмельницького національного університету (м. Хмельницький, вул. Інститутська, 7/1). Підп. 23.06.2021. Зам. № 44є/21, електронне видання, 2021.

© ХНУ, 2021

Вступ

Дисципліна «Системи автоматизованого проектування технологічних процесів (САПР ТП) зміцнення та відновлення» викладається в рамках неперервної комп'ютерної підготовки і займає провідне місце у підготовці магістрів спеціальності «Матеріалознавство». На основі загальних понять з інформатики та можливостей комп'ютерів і пакетів прикладних програм, відновлювальних технологій на транспорті тощо у ній вивчається створення баз даних (БД) зміцнення та відновлення деталей автомобільного транспорту, сукупно з технологічною підготовкою виробництва та розробкою технологічної документації.

Дисципліна базується на знаннях, отриманих при вивченні таких предметів: «Інформатика та комп'ютерна техніка», «Інженерна та комп'ютерна графіка», «Персональний комп'ютер і ППП», «Механічна обробка при ремонті і відновленні деталей машин», «Вузли тертя машин», «Напруження та деформації при зварюванні», «Діагностика і ремонт автомобілів», «Експлуатаційні матеріали», «Технологічний сер-

віс автомобілів та проектування підприємств», «Моделювання технологічних процесів», «Контроль якості покриттів», «Комп'ютерне забезпечення процесів відновлення».

Вивчення дисципліни ґрунтується на використанні традиційних і сучасних технологій, зокрема: лекцій (з використанням методів проблемного навчання і візуалізації); лабораторних занять (з використанням методів комп'ютерного моделювання, майстер-класів, практикумів), самостійної роботи (виконання індивідуальних завдань) і мають за мету оволодіння здобувачами спеціальною термінологією, набуття ними практичних навичок з проектування типових конструкцій за різними методиками, деталювання креслень, користування спеціальними конструкторськими інструментами тощо.

Поточний контроль знань здійснюється під час лекційних та лабораторних занять, а також при проведенні контрольних заходів, встановлених робочою програмою та графіком навчального процесу. При цьому використовують такі методи контролю: 1) усне опитування перед допуском до лабораторного заняття; 2) захист лабораторних робіт; 3) тестовий контроль теоретичного матеріалу теми; 4) виконання і презентація індивідуальних завдань.

При виведенні підсумкової семестрової оцінки враховують результати поточного контролю і підсумкового контрольного заходу, який здійснюють методом тестування з усього матеріалу дисципліни.

Лабораторний практикум призначений для виконання лабораторних робіт з дисципліни здобувачами освітнього рівня «магістр» всіх форм навчання. Роботи розміщені у порядку виконання та проводяться на персональних комп'ютерах у спеціалізованих класах, а їх звіти – у БД.

Критерії оцінювання виконання лабораторних робіт:

– оцінка **«відмінно»** – отримує здобувач, який знає матеріал та у середовищі реляційної системи управління базами даних Microsoft Access створив БД (таблиць основних деталей досліджуваного вузла, дефектів однієї з його деталей, методів відновлення дефектів; запита для дефініції найкращого методу зміцнення та відновлення вибраної деталі; форми для вставляння нових методів зміцнення та відновлення); вміє використовувати мову структурованих запитів Structured Query Language (SQL) і мову програмування Visual Basic for Applications (VBA) для вибору оптимального методу технологічного процесу (ТП); здійснює математичне моделювання результатів досліджувань зносостійкості за допомогою системи комп'ютерної алгебри з класу систем автоматизованого проектування, орієнтованої на підготовку інтерактивних документів з обчисленнями і візуальним супроводом MathCAD;

– оцінка **«добре»** – одержує здобувач, який знає матеріал і зробив БД (таблиць основних деталей досліджуваного вузла, дефектів од-

нієї з деталей вузла, методів відновлення дефектів), вміє використовувати мови SQL та VBA для вибору найкращого методу ТП і не допустив істотних помилок;

- оцінка *«задовільно»* – одержує здобувач, який знає тільки основний матеріал дисципліни, але не освоїв його деталей, розробив БД (таблиці основних деталей досліджуваного вузла, дефектів однієї з його деталей);

- оцінка *«незадовільно»* – одержує здобувач, який не володіє значною частиною матеріалу і не розробив жодної таблиці БД.

У результаті навчання **здобувач повинен:**

- володіти наскрізним процесом проектування зміцнення та відновлення деталей автомобільної техніки від алгоритму до створення БД і розробки технологічної документації;

- мати прикладні навички роботи з технічними засобами ЕОМ для розробки БД зміцнення та відновлення деталей автомобільної техніки;

- здійснити аналіз досліджуваного вузла та деталі автомобіля з розробкою відповідного креслення у SolidWorks (додатки А та Б);

- застосувати СУБД MS Access для розробки та аналізу БД;

- володіти програмуванням на SQL і VBA для встановлення оптимальних режимів зміцнення та відновлення досліджуваної деталі автомобіля;

- володіти методикою функціонування MathCAD з метою дослідження зносостійкості;

- проектувати ТП зміцнення та відновлення досліджуваної деталі з розробкою технологічних документів у текстовому процесорі MS Word і у програмі для роботи з електронними таблицями MS Excel;

- оцінювати сучасні САПР-системи для розробки ТП зміцнення та відновлення деталей автомобільної техніки від алгоритму до створення БД;

- володіти тенденціями та перспективами розвитку існуючих САПР-систем технологічного призначення та комп'ютерних технологій.

Охорона праці при виконанні лабораторних робіт на ПК

Перед початком роботи потрібно:

- оглянути і привести в порядок робоче місце;

- відрегулювати освітленість на робочому місці, переконатися в достатності освітленості, відсутності віддзеркалень на екрані, відсутності стрічного світлового потоку;

- перевірити установки столу, стільця, підставки для ніг, пюпітра, положення устаткування, кута нахилу екрана, положення клавіатури і, при необхідності, провести регулювання робочого столу і крісла, а також розташування елементів комп'ютера відповідно до вимог ергономіки і з метою виключення незручних поз і тривалих напруг тіла.

При включенні комп'ютера потрібно дотримувати наступну послідовність включення устаткування:

- включити мережевий фільтр або джерело безперебійного живлення;

- включити периферійні пристрої (принтер, монітор, сканер та ін.);

- включити системний блок (процесор).

Забороняється приступати до роботи при:

- відсутності інформації про результати атестації умов праці на даному робочому місці або за наявності інформації про невідповідність параметрів даного устаткування вимогам санітарних норм;

- відсутності захисного екранного фільтру класу «повний захист»;

- виявленні несправності устаткування;

- відсутності захисного заземлення пристроїв ПЕВМ і ВДТ;

- відсутності вуглекислотного або порошкового вогнегасника і аптечки першої допомоги;

Студент під час роботи зобов'язаний:

- виконувати тільки ту лабораторну роботу, яка йому була доручена і з якої він був проінструктований;

- протягом заняття містити в порядку і чистоті робоче місце;

- тримати відкритими всі вентиляційні отвори пристроїв;

- при необхідності припинення роботи на деякий час коректно закрити всі активні задачі;

- відключати живлення тільки в тому випадку, якщо здобувач під час перерви в роботі на комп'ютері вимушений знаходитися в безпосередній близькості від відеотерміналу (менше двох метрів), інакше живлення дозволяється не відключати;

- виконувати санітарні норми і дотримувати режими роботи і відпочинку;

- дотримувати правила експлуатації обчислювальної техніки відповідно до відповідної інструкції;

- при роботі з текстовою інформацією вибирати найбільш фізіологічний режим представлення чорних символів на білому фоні;

- дотримувати встановлені режимом робочого часу регламентовані перерви в роботі і виконувати у фізкультпаузах і фізкультхвилинках рекомендовані вправи для очей, шиї, рук, тулуба, ніг;

- дотримувати відстань від очей до екрана в межах 60–80 см.

Під час роботи забороняється:

- торкатися одночасно екрана монітора і клавіатури;

- торкатися до задньої панелі системного блоку (процесора) при включеному живленні;

- перемикати розніми інтерфейсних кабелів периферійних пристроїв при включеному живленні;

- захищати верхні панелі пристроїв паперами і сторонніми предметами;
- допускати захищення робочого місця папером з метою недопущення накопичення органічного пилу;
- проводити відключення живлення під час виконання активного завдання;
- проводити часті перемикання живлення; допускати попадання вологи на поверхню системного блоку (процесора), монітора, робочу поверхню клавіатури, дисководів, принтерів та ін. пристроїв, включати сильно охолоджене (принесене з вулиці в зимовий час) устаткування;
- ремонт устаткування проводити самостійно;
- перевищувати величину кількості оброблюваних символів понад 30 тис. за 4 год роботи;

Тривалість безперервної роботи на персональному комп'ютері (ПК) без регламентованої перерви не повинна перевищувати 2 год..

В аварійних ситуаціях здобувач зобов'язаний:

- у всіх випадках виявлення обриву дротів живлення, несправності заземлення та інших пошкоджень електроустаткування, появи запаху гару негайно відключити живлення і повідомити про аварійну ситуацію керівнику і черговому електрику;
- при виявленні людини, яка потрапила під напругу, негайно звільнити її від дії струму шляхом відключення електроживлення і до прибуття лікаря надати потерпілому медичну допомогу;
- при будь-яких випадках збою в роботі технічного устаткування програмного забезпечення негайно викликати представника інженерно-технічної служби експлуатації обчислювальної техніки;
- у разі появи різі в очах, різкому погіршенні видимості – неможливості сфокусувати погляд або навести його на різкість, появі болю в пальцях рук, посиленні серцебиття негайно покинути робоче місце, повідомити про те, що відбулося, викладачу і звернутися до лікаря;
- при спалаху устаткування відключити живлення і вжити заходи до гасіння вогнища пожежі за допомогою вуглекислотного або порошкового вогнегасника, викликати пожежну команду і повідомити про подію викладачу.

Після закінчення лабораторної роботи здобувач зобов'язаний виконувати наступну послідовність виключення ПК:

- провести закриття всіх активних задач;
- виконати процедуру виходу з операційної системи і локальної мережі;
- вимкнути живлення процесора, всіх периферійних пристроїв;
- відключити джерело безперебійного живлення і мережевий фільтр.

Після закінчення робіт здобувач зобов'язаний оглянути і привести в порядок робоче місце

Після завершення всіх операцій на комп'ютерній техніці необхідно виконати декілька фізичних вправ для розслаблення організму, вимити з милом руки і обличчя.

Основні вимоги при виконанні лабораторних робіт

1. У середовищі MS Access зробити базу даних зміцнення та відновлення колінчастого вала двигуна автомобіля ВА3-2108 – таблиця «Основні деталі ДВЗ».

2. У середовищі MS Access зробити базу даних зміцнення та відновлення колінчастого вала двигуна автомобіля ВА3-2108 (рис. В.1) у вигляді таблиць: «Дефекти колінчастого вала», «Методи елімінації дефекту колінчастого вала».

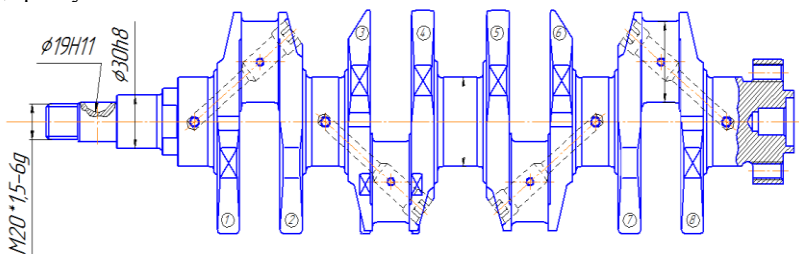


Рис. В.1 – Колінчастий вал двигуна автомобіля ВА3-2108

3. У програмі MS Access установити найкращий метод зміцнення та відновлення колінчастого вала у вигляді запита «Обрання методу елімінації дефекту».

4. Для додання у БД новітніх методів зміцнення та відновлення колінчастого вала у середовищі MS Access зробити форму «Методи елімінації дефекту деталі», звіт «Дефекти деталей ДВЗ», кнопку форму «Прізвище».

5. Використати мову SQL для розробки керуючих запитів для визначення режимів відновлення та зміцнення колінчастого вала.

6. Використати запити на обрання найкращого режиму відновлення та зміцнення колінчастого вала.

7. Використати мову програмування VBA для оптимізації дефініції найкращого режиму відновлення та зміцнення колінчастого вала.

8. Використати макроси для оптимізації роботи з розробленою БД.

9. В універсальній математичній програмі для ведення та документування інженерних розрахунків MathCAD здійснити математичне моделювання наслідків дослідження зносостійкості відновленого та зміцненого колінчастого вала.

Лабораторна робота 1.

Розробка бази даних зміцнення та відновлення колінчастого вала

Мета: зробити в Access наступні таблиці: «Основні деталі ДВЗ»; «Дефекти колінчастого вала, вимоги до відремонтованої деталі»; «Методи елімінації дефекту № 1 колінчастого вала».

Завдання 1.1. Побудувати таблицю «Основні деталі ДВЗ». Відкрити Microsoft Access і вибрати **Новая база данных** (рис. 1.1);

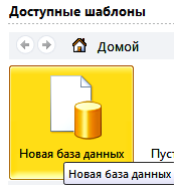


Рис. 1.1 – Вікно створення нової БД

– у правій стороні вікна вставити ім'я БД – своє прізвище (наприклад, «Іващенко»), вибрати шлях збереження файлу та обрати кнопку **Создать** (рис. 1.2);

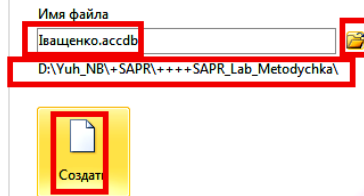


Рис. 1.2 – Вікно присвоєння назви БД

– у відкритому вікні **Работа с таблицами Іващенко: база данных** ввести назву таблиці – «Основні деталі ДВЗ» (рис. 1.3);

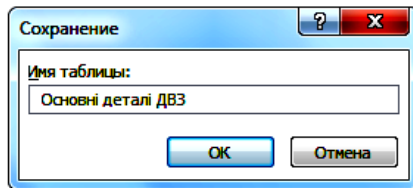


Рис. 1.3 – Вікно введення назви таблиці «Основні деталі ДВЗ»

– у створеному вікні **Основні деталі ДВЗ** ввести назви стовпчиків – клацнути лівою кнопкою миші на розширення , вибрати **Переименовать поле** (рис. 1.4) і ввести назву (перейменувати **Код** на **Код деталі**);

– поле «Код деталі» необхідно оголосити ключовим, тому у назві цього стовпчика клацнути лівою кнопкою миші на розширення  та встановити **Пустые** (рис. 1.5) – справа від назви «Код деталі» з’явиться зображення ключа

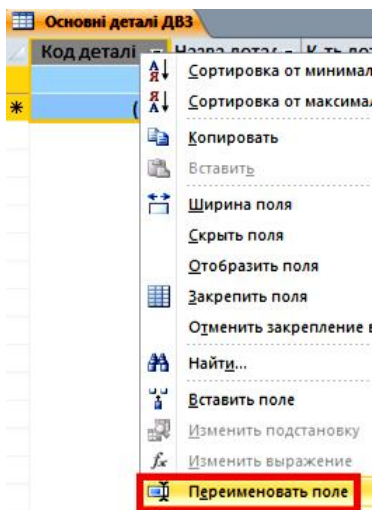
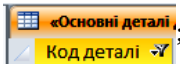


Рис. 1.4 – Вікно введення назви першого стовпчика таблиці

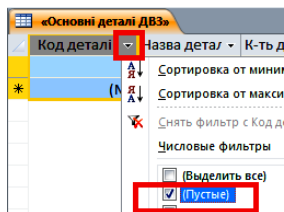


Рис. 1.5 – Вікно оголошення поля ключовим

– щоб ввести назву наступного стовпчика, потрібно клацнути лівою кнопкою миші на **Щелкните для добавления** і вибрати **Текст** (рис. 1.6);

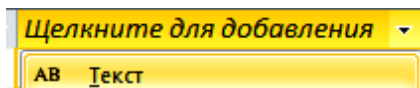


Рис. 1.6 – Вікно додання стовпчиків таблиці

– назви інших стовпчиків ввести аналогічно до рис. 1.4 (рис. 1.7);

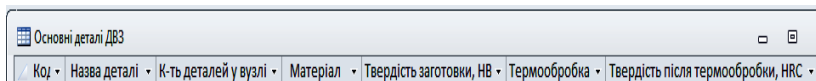
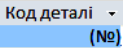
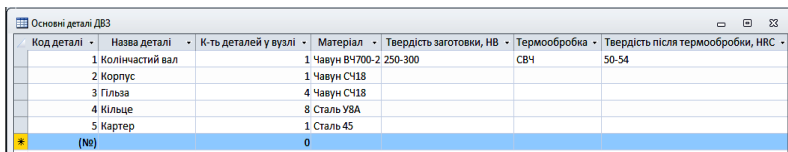


Рис. 1.7 – Вікно назв стовпчиків таблиці

Після створення усіх полів таблиці ввести у неї дані:

- поле **Код деталі**  змінюється автоматично при переході у наступне (праве) поле;
- клацнути **Tab** чи **Enter** для переходу у поле **Назва деталі** та інші поля та ввести дані згідно з рис. 1.8;



Код деталі	Назва деталі	К-ть деталей у вузлі	Матеріал	Твердість заготовки, НВ	Термообробка	Твердість після термообробки, НРС
1	Колінчастий вал	1	Чавун ВЧ700-2	250-300	СВЧ	50-54
2	Корпус	1	Чавун СЧ18			
3	Гільза	4	Чавун СЧ18			
4	Кільце	8	Сталь У8А			
5	Картер	1	Сталь 45			
(№)		0				

Рис. 1.8 – Вікно таблиці «Основні деталі ДВЗ»

- закрити і зберегти таблицю «Основні деталі ДВЗ» (рис. 1.9);

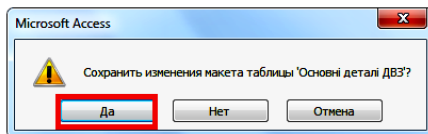
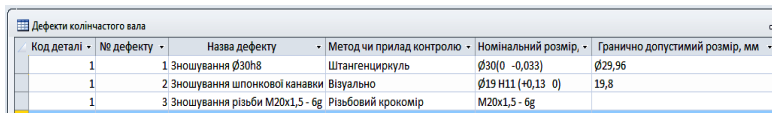


Рис. 1.9 – Вікно збереження таблиці «Основні деталі ДВЗ»

Завдання 1.2. Зробити таблицю «Дефекти колінчастого вала» (рис. 1.10);



Код деталі	№ дефекту	Назва дефекту	Метод чи прилад контролю	Номінальний розмір	Гранично допустимий розмір, мм
1	1	Зношування Ø30h8	Штангенциркуль	Ø30(0 -0,033)	Ø29,96
1	2	Зношування шпонкової канавки	Візуально	Ø19 H11 (+0,13 0)	19,8
1	3	Зношування різьби M20x1,5 - 6g	Різовий крономір	M20x1,5 - 6g	

Рис. 1.10 – Вікно таблиці «Дефекти колінчастого вала»

- у рядку меню вибрати **Создание, Конструктор таблиц**

(рис. 1.11);

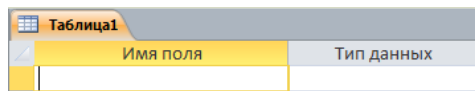


Рис. 1.11 – Вікно створюваної таблиці

Таблиця заповнюється так – у стовпчик **Имя поля** вводиться текст згідно з рис. 1.12:

- поле «Код деталі» – тип даних **числовой**, поле «№ дефекту» – **счетчик**, інші поля – **текстовый**;

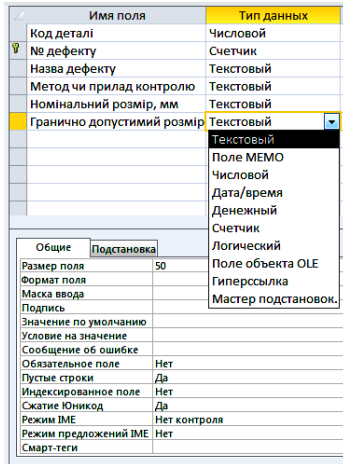


Рис. 1.12 – Вікно заповнення імен полів та їх типів даних

- поле «№ дефекту» оголошується ключовим (клацнути на ньому правою кнопкою миші та з контекстного меню вибрати **Ключевое поле** – рис. 1.13);
- закрити макет таблиці та зберегти його (рис. 1.14);

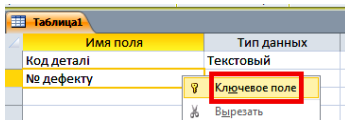


Рис. 1.13 – Вікно оголошення поля ключовим

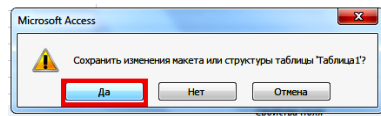


Рис. 1.14 – Вікно збереження макета таблиці

- перейменувати назву **Таблица 1** на «Дефекты колінчастого вала», клацнувши правою кнопкою миші на цій назві (рис. 1.15);

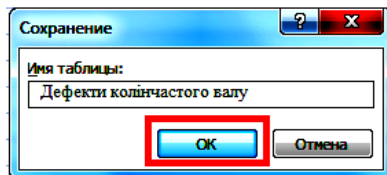
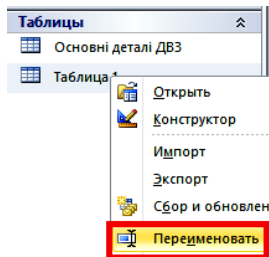


Рис. 1.15 – Вікна перейменування таблиці

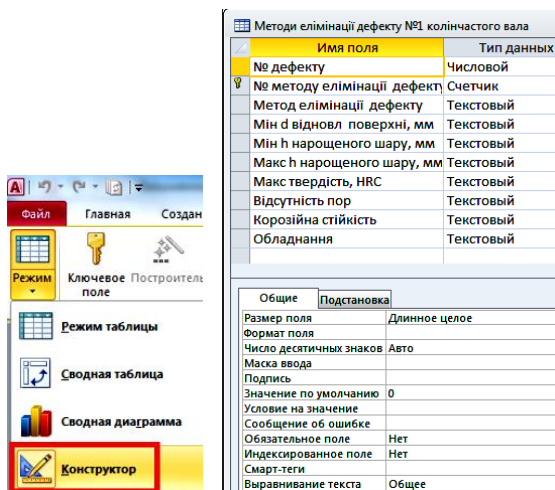
Завдання 1.3. Зробити таблицю «Методи елімінації дефекту № 1 колінчастого вала» (рис. 1.16):

№ дефекту	№ методу усун.	Метод усун.	Мін d відновл. пс	Мін h нарощен.	Макс h нарощ.	Макс тверд.	Відсутн.	Короз.	Обладнання
1.	1	КІБ	1	0,005	0,05	65	Да	Да	ВУ-16, ІЕТ, ІНВ
1.	2	Наплавлення в	10	0,8	1,2	54	Нет	Нет	УД-209, У-653, ПДЛГ-500
1.	3	Вібродугове нс	10	0,3	2	56	Нет	Нет	ОКС-6559, ОКС-1252
1.	4	Хромування ел	1	0,01	0,4	65	Да	Да	УАПГ, АГ-24, АЛГ-433

**Рис. 1.16 – Вікно таблиці
«Методи елімінації дефекту № 1 колінчастого вала»**

Таблицю заповняють так:

- для поля «№ дефекту» задають тип даних – **числовий**, для поля «№ методу елімінації дефекту» – **счетчик**, для інших полів – **текстовий** (рис. 1.17);
- поле «№ методу елімінації дефекту» оголосити ключовим.



Имя поля	Тип данных
№ дефекту	Числовой
№ методу елімінації дефекту	Счетчик
Метод елімінації дефекту	Текстовый
Мін d відновл. поверхні, мм	Текстовый
Мін h нарощеного шару, мм	Текстовый
Макс h нарощеного шару, мм	Текстовый
Макс твердість, HRC	Текстовый
Відсутність пор	Текстовый
Корозійна стійкість	Текстовый
Обладнання	Текстовый

Общие	Подстановка
Размер поля	Длинное целое
Формат поля	
Число десятичных знаков	Авто
Маска ввода	
Подпись	
Значение по умолчанию	0
Условие на значение	
Сообщение об ошибке	
Обязательное поле	Нет
Индексированное поле	Нет
Смарт-теги	
Выравнивание текста	Общее

**Рис. 1.17 – Вікна таблиці
«Методи елімінації дефекту № 1 колінчастого вала» у режимі Конструктор**

Контрольні питання

1. Що називають базою даних?
2. Що таке СУБД?
3. До якого типу належить СУБД Access?
4. Як представлені дані у реляційній БД?
5. Що таке ключове поле?
6. Для чого призначені таблиці в БД?

7. Де зберігаються об'єкти БД?
8. Як називається стовпець таблиці?
9. Без якого об'єкта не може існувати БД?
10. Які дії можна виконувати з даними за допомогою об'єкта **Таблиця СУБД MS Access**?
11. Як називається рядок таблиці?
12. На основі полів якого типу можна створити підстановку значень (**Мастер подстановок**)?
13. Як заповнюється значення поля **Счетчик** таблиці Access?
14. У якому режимі найбільш повно визначаються параметри структури таблиці?
15. У якому діалоговому вікні створюють зв'язки між полями таблиць БД?
16. За допомогою якого поля в БД MS Access можна помістити графічні об'єкти?
17. Як називають тип зв'язку в БД, при якому одному запису однієї таблиці відповідає один або декілька записів цієї ж таблиці?
18. За допомогою чого можна поставити просте питання, виконати розрахунки, об'єднати дані з різних таблиць або навіть додати, змінити чи видалити дані таблиці?
19. Яку назву мають стовпці таблиці в БД?
20. Що є основою структури даних реляційної БД?

***Література:** [2–11]*

Лабораторна робота 2.

Дефініція найкращого методу зміцнення та відновлення колінчастого вала

Мета: зробити у середовищі MS Access наступні запити: «Методи елімінації дефекту № 1 – Обладнання»; «Дефекти деталей ДВЗ»; «Обрання методу елімінації дефекту № 1».

Завдання 2.1. Зробити запит «Методи елімінації дефекту № 1 – Обладнання» (обрання з таблиці «Методи елімінації дефекту № 1 колінчастого вала» методів елімінації дефекту та обладнання):

– відкрити БД, перейти на вкладку **Создание** та обрати кнопку **Конструктор запитов** (рис. 2.1);

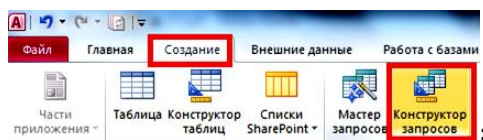
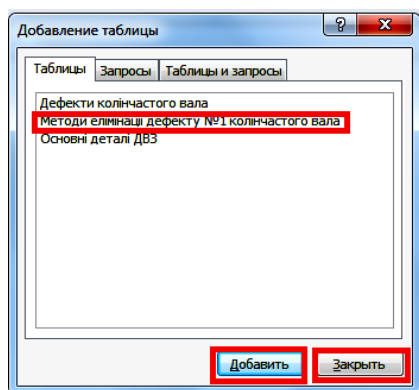


Рис. 2.1 – Вікно Конструктора запитів

– у вікні **Добавление таблицы** на вкладці **Таблицы** обрати «Методи елімінації дефекту № 1 колінчастого вала»; обрати кнопки **Добавить** і **Заккрыть** – рис. 2.2, а (у вікні **Запрос** з'явиться таблиця «Методи елімінації дефекту №1 колінчастого вала» з переліком її полів – рис. 2.2, б);



а

Методы элиминации дефекту №1 колінчастого вала	
Имя поля	Тип данных
№ дефекту	Числовой
№ методу елімінації дефекту	Счетчик
Метод елімінації дефекту	Текстовый
Мін d відновл поверхні, мм	Текстовый
Мін h нарощеного шару, мм	Текстовый
Макс h нарощеного шару, мм	Текстовый
Макс твердість, HRC	Текстовый
Відсутність пор	Текстовый
Коррозійна стійкість	Текстовый
Обладнання	Текстовый

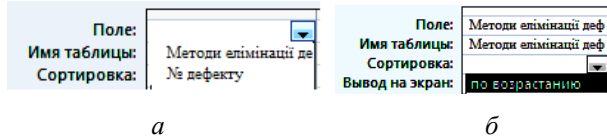
Поле:	
Имя таблицы:	
Сортировка:	
Вывод на экран:	☐
Условие отбора:	
или:	

б

Рис. 2.2 – Вікно розробки запитів
«Методи елімінації дефекту № 1 – Обладнання»

– у рядку **Поле**: обрати «Методи елімінації дефекту» (ім'я цього поля переміститься в рядок **Ім'я таблиці** нижньої частини вікна конструктора запитів – рис. 2.3);

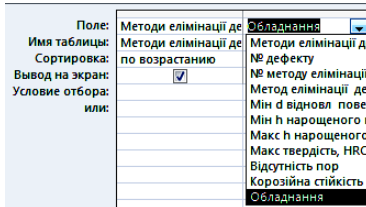
– щоб упорядкувати відібрані записи за алфавітом, у рядку **Сортировка** обрати поле «Метод елімінації дефекту», відкрити список значень і задати сортування даних **по возрастанию** (рис. 2.3, б);



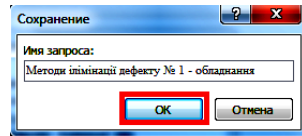
**Рис. 2.3 – Вікно зміни полів запити
«Методи елімінації дефекту № 1 – Обладнання»**

– у другий стовпчик рядка **Поле** ввести назву «Обладнання» – рис. 2.4;

– закрити вікно конструктора запитів, а у вікно **Сохранение** ввести ім'я запити «Методи елімінації дефекту № 1 – Обладнання» та обрати кнопку **ОК**: запит створено (рис. 2.5).



**Рис. 2.4 – Вікно формування
другого стовпчика запити**



**Рис. 2.5 – Вікно
збереження запити**

Щоб відкрити запит, потрібно:

– у вікні БД на вкладці **Запросы** двічі обрати ім'я запити «Методи елімінації дефекту № 1 – Обладнання» (рис. 2.6):

Методи елімінації дефекту № 1 – Обладнання	
Метод елімінації дефекту	Обладнання
КІБ	ВУ-1Б, ІЕТ, ННВ
Наплавлення в СО2	УД-209, У-653, ПДПГ-500
Вібродугове наплавлення	ОКС-6559, ОКС-1252
Хромування електролітичне	УАПГ, АГ-24, АЛГ-433

Рис. 2.6 – Вікно запити «Методи елімінації дефекту № 1 – Обладнання»

Завдання 2.2. Зробити запит «Дефекти деталей ДВЗ» (вибрати з таблиць «Основні деталі ДВЗ» і «Дефекти колінчастого вала» дані про дефекти деталей ДВЗ):

- відкрити БД, перейти на вкладку **Создание** та обрати кнопку **Конструктор запросов**;
- у вікні **Добавление таблицы** двічі обрати ім'я головної таблиці «Основні деталі ДВЗ» – вона переміститься в QBE-область (у вікно **Запрос**);
- повторити операцію для таблиці «Дефекти колінчастого вала» і закрити вікно діалогу **Добавление таблицы**, обравши кнопку **Закреть**;
- обрати правою кнопкою миші лінію-зв'язок між полями «Код деталі» таблиць «Основні деталі ДВЗ» і «Дефекти колінчастого вала» (рис. 2.7) і з контекстного меню вибрати **Параметры объединения** (це поле – ключове, виділене у переліку жирним шрифтом і належить основній таблиці; а таблиця «Дефекти колінчастого вала» – підпорядкована (див. рис. 2.8);

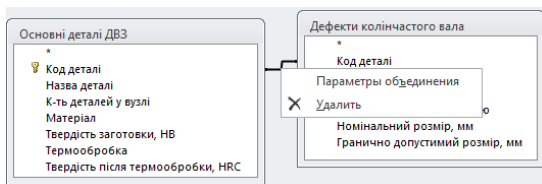


Рис. 2.7 – Вікно вибору опції Параметри объединения

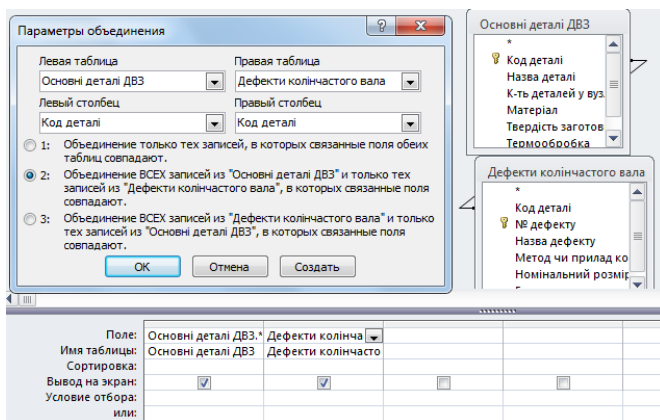


Рис. 2.8 – Вікно таблиці «Дефекти деталей ДВЗ»

- у вікні діалогу **Параметры объединения** встановити опцію № 2 (буде встановлено відношення **один-ко-многим**, тобто одному запису головної таблиці ставиться у відповідність кілька записів підлеглої таблиці – одна деталь може мати кілька дефектів);

- обрати кнопку **ОК**;
- залучити у запит поля «Назва деталі» та «Назва дефекту»;
- привласнити запиту ім'я «Дефекти деталей ДВЗ» і відкрити його (рис. 2.9).

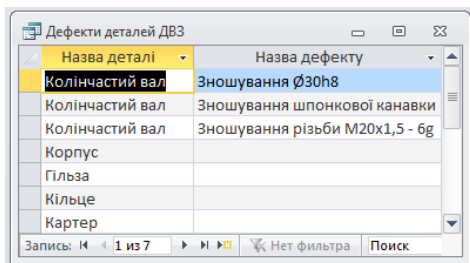


Рис. 2.9 – Вікно запити «Дефекти деталей ДВЗ»

Завдання 2.3. Зробити запит «Обрання методу елімінації дефекту №1» (обрання з таблиць «Дефекти колінчастого вала» і «Методи елімінації дефекту № 1 колінчастого вала» найкращого режиму елімінації дефекту № 1 колінчастого вала):

- відкрити БД, перейти на вкладку **Создание** та обрати кнопку **Конструктор запитів**;
- у вікні **Добавление таблицы** двічі обрати ім'я головної таблиці «Дефекти колінчастого вала»;
- повторити цю операцію для таблиці «Методи елімінації дефекту № 1 колінчастого вала» і закрити вікно діалогу **Добавление таблицы**;
- обрати правою кнопкою миші лінію-зв'язок між полями «Номер дефекту» таблиць і з контекстного меню вибрати **Параметры объединения** (рис. 2.10);

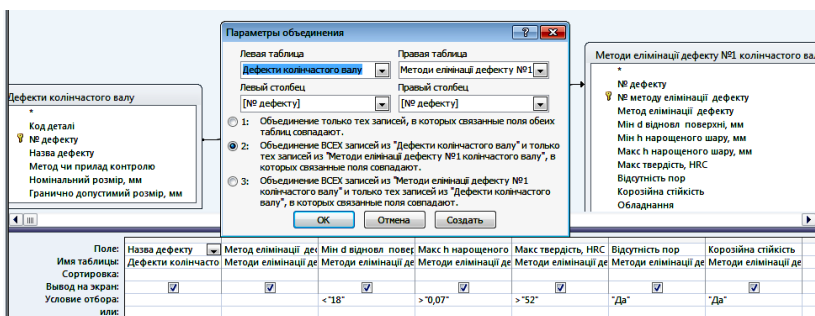


Рис. 2.10 – Вікно встановлення лінії-зв'язку між полями «№ дефекту» таблиць

– у вікні діалогу **Параметры объединения** встановити опцію № 2 (одному запису основної таблиці ставиться у відповідність кілька записів підпорядкованої: один дефект можна усунути багатьма методами) і обрати кнопку **ОК**;

– залучити в запит поля та умови відбору (див. рис. 2.6);

– присвоїти запиту ім'я «Обрання методу елімінації дефекту № 1» і відкрити його (рис. 2.11).

Обрання методу елімінації дефекту №1						
Назва дефекту	Метод елімінації деф	Мін d відновл	пк	Макс h нарощ	Макс тверд	Відсутн
Зношування Ø30h8	Хромування електроліт 1			0,4	65	Да

Рис. 2.11 – Вікно запити «Обрання методу елімінації дефекту № 1»

Контрольні питання

1. Для чого призначені запити?
2. Яке призначення запита з параметром?
3. Як називають операцію відшукування потрібних записів, перетворення таблиць і створення на їх основі нових таблиць?
4. Що створюється в результаті запитів?
5. Як можна змінити тип запита?
6. Який запит створюється по замовчуванню у режимі конструктора?
7. Які існують режими роботи з формами?
8. Яку умову потрібно ввести в поле, щоб вказати параметри запита?
9. Які завдання можуть виконувати запити?
10. Яка різниця між запитами і фільтрами?
11. Яке розширення має БД MS Access?
12. Які моделі БД існують?
13. Яка властивість поля необхідна для створення ключа?
14. Для чого призначена форма БД?
15. Які об'єкти призначені безпосередньо для зберігання інформації?
16. Чим **Мастер** запитів відрізняється від **Конструктора** запитів?
17. У чому схожість і відмінність між запитами і таблицями БД?
18. У чому різниця між запитом та фільтром?
19. Що таке параметричний запит? Для чого він використовується?
20. Що таке перехресний запит? Для чого він використовується?

Література: [1–15]

Лабораторна робота 3.

Розробка форм, звітів, кнопкових форм елімінації дефектів колінчастого вала

Мета: зробити в MS Access: форму «Методи елімінації дефекту № 1 колінчастого вала»; звіт «Дефекти деталей ДВЗ»; кнопку форму «Прізвище».

Завдання 3.1. Зробити форму «Методи елімінації дефекту № 1 колінчастого вала»:

– відкрити БД, перейти на вкладку **Создание** та обрати кнопку **Мастер форм**  **Мастер форм**;

– у вікні діалогу **Создание форм** у переліку **Таблицы и запросы** вибрати **Таблица: Методи елімінації дефекту № 1 колінчастого вала**;

– у переліку **Доступные поля**: вибрати поля для створюваної форми (за допомогою кнопки з подвійною стрілкою >> перенести усі поля таблиці у список **Выбранные поля**); обрати кнопку **Далее** (для переходу в наступне вікно – рис. 3.1);

– у другому вікні діалогу **Создание форм** ввести опцію **в один столбец** та обрати **Далее**;

– у третьому вікні діалогу **Создание форм** обрати **Готово** (рис. 3.2).

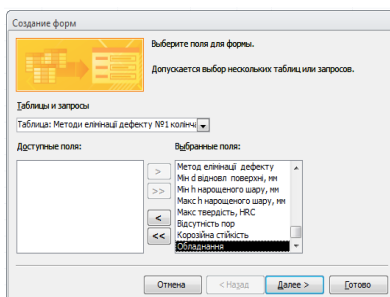


Рис. 3.1 – Вікно діалогу
Создание форм

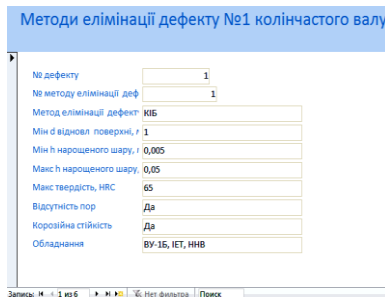


Рис. 3.2 – Вікно форми
«Методи елімінації дефекту № 1
колінчастого вала»

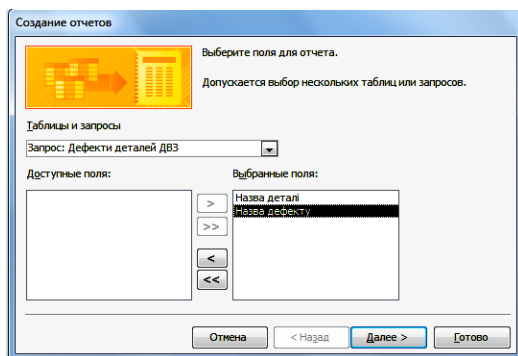
Завдання 3.2. Зробити звіт «Дефекти деталей ДВЗ»:

– на вкладці **Создание** БД обрати кнопку **Мастер отчетов**

 **Мастер отчетов**;

– у першому вікні діалогу майстра **Создание отчетов** з переліку **Таблицы и запросы** вибрати **Запрос: Дефекты деталей ДВЗ**, а з переліку

Доступные поля перенести поля «Назва деталі» і «Назва дефекту» у перелік **Выбранные поля** (рис. 3.3); обрати кнопку **Далее**;



**Рис. 3.3 – Вікно копіювання полів
«Назва деталі» і «Назва дефекту» у перелік Выбранные поля**

– у другому вікні діалогу майстра додають рівень групування (рис. 3.4) та обирають кнопку **Далее**;

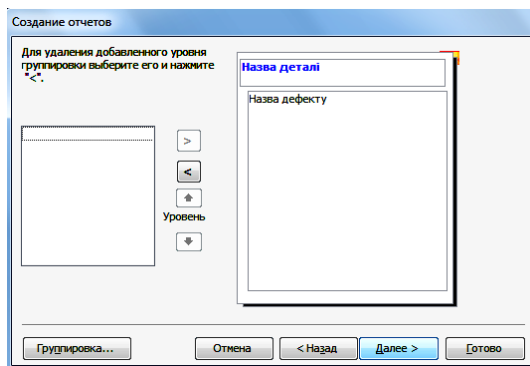


Рис. 3.4 – Вікно додавання рівня групування

– у третьому вікні діалогу майстра визначають метод сортування даних у звіті – з переліку **1** вибирають «Назва дефекту» (рис. 3.5) та обирають кнопку **Далее**;

– у четвертому вікні діалогу майстра обирають вид макета для звіту – у полі **Макет** вибирають **ступенчатый** та орієнтацію сторінок звіту при друкуванні **Книжная** та обирають **Далее**;

– в останньому вікні діалогу обирають кнопку **Готово** (отримаємо результат роботи майстра звітів – рис. 3.6).

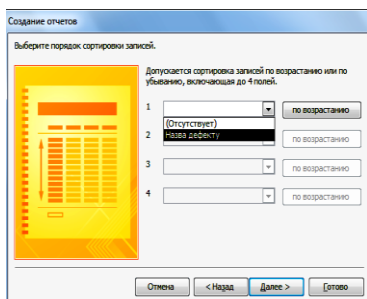


Рис. 3.5 – Вікно формулювання методу сортування даних у звіті

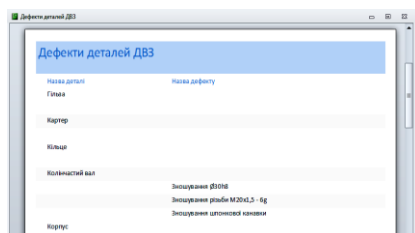
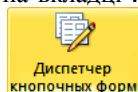


Рис. 3.6 – Вікно звіту «Дефекты деталей ДВЗ»

Завдання 3.3. Зробити кнопку форму:

– на вкладці **Работа с базами данных** обрати **Диспетчер кнопоч-**

ных форм



(він перевіряє присутність таблиці параметрів і

кнопкової форми; в разі її відсутності виводиться на екран дисплея вікно повідомлення);

– у вікні **Диспетчер кнопочных форм** активізувати кнопку **Изменить**;

– у вікні **Изменение страницы кнопочной формы** (рис. 3.7) у полі

Название кнопочной формы вставити ім'я кнопкової форми – своє прізвище (наприклад, «Іващенко») та обрати кнопку **Создать**;

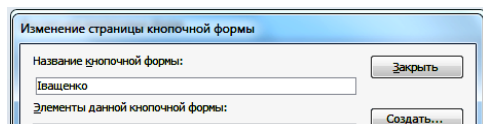


Рис. 3.7 – Вікно вставлення імені кнопкової форми – «Іващенко»

– у вікні **Изменение страницы кнопочной формы** клацнути кнопку

Изменить, а у вікні **Изменение элемента кнопочной формы** у поле **Текст** вставити коментар до кнопки – «Головна форма введення» (рис. 3.8);

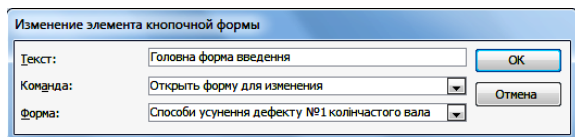


Рис. 3.8 – Вікно **Изменение элемента кнопочной формы**

– у переліку поля **Команда** обрати функцію **Открыть форму для изменения**;

- у переліку поля **Форма** обрати форму «Методи елімінації дефекту № 1 колінчастого вала», після чого клацнути кнопку **ОК**;
- щоб зробити у формі кнопку для відкривання звіту, у вікні **Изменение страницы кнопочной формы** (див. рис. 3.8) клацнути кнопку **Создать** і ввести дані згідно рис. 3.9;

Рис. 3.9 – Вікно розробки у формі кнопки відкривання звіту

- кнопкова форма має містити кнопку виходу з додатка; отже у вікні **Изменение страницы кнопочной формы** (див. рис. 3.8) знову клацнути кнопку **Создать**, ввести дані згідно з рис. 3.10, клацнути **Ок** і закрити вікно **Изменение страницы кнопочной формы**: **Закреть** (рис. 3.11).

Рис. 3.10 – Вікно розробки кнопки виходу із додатка

Рис. 3.11 – Вікно Изменение страницы кнопочной формы

Щоб активізувати створену форму, необхідно закрити БД і знову її відкрити – кнопкова форма «Івашченко» завантажується автоматично (рис. 3.12).

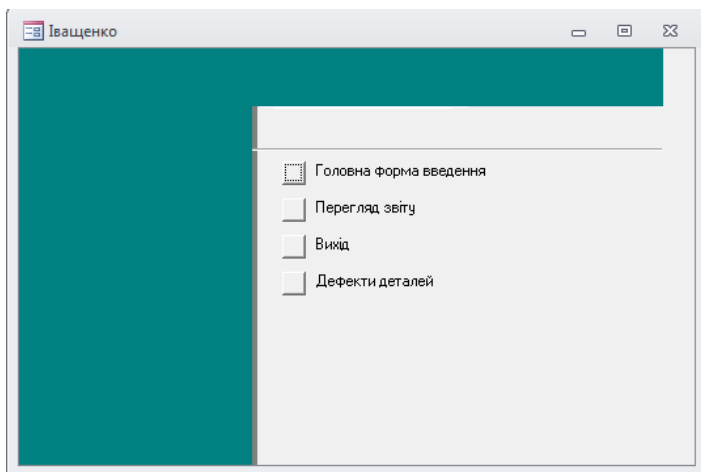


Рис. 3.12 – Кнопкова форма «Іващенко»

Щоб відкрити створену БД, потрібно спочатку закрити кнопку форму «Іващенко» (клацнути кнопку **Вихід** – див. рис. 3.12), а потім вибрати її з меню (рис. 3.13) з утримуванням натиснутою клавіші **Shift**.

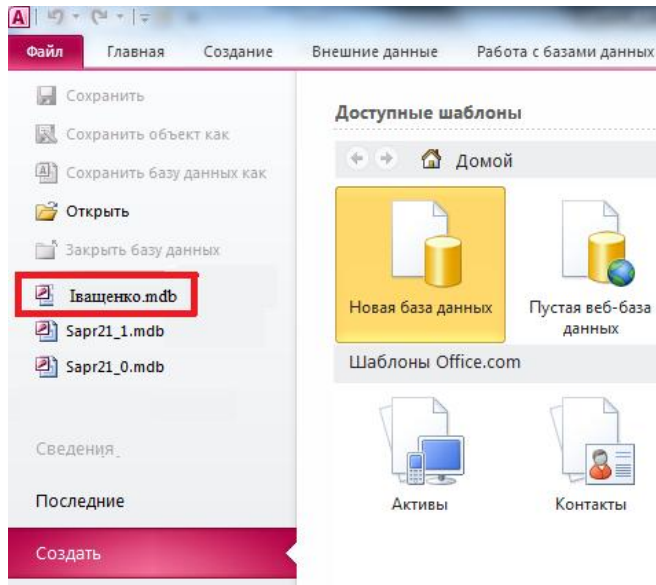


Рис. 3.13 – Вікно MS Access вибору БД «Іващенко»

Контрольні питання

1. Чому розробники БД намагаються забезпечити введення і редагування даних через форми, а не напряму в таблицях?
2. Яке основне призначення форм при розробці БД?
3. Який спосіб створення форм дозволить відобразити дані однієї таблиці і в режимі таблиці, і в поданні форми одночасно?
4. Що таке підформа? Як мають бути пов'язані між собою головна і підпорядкована форми?
5. Яке призначення форм навігації?
6. У чому особливість використання форм кількох елементів? Як інакше називають такі форми?
7. У чому полягає специфіка використання **Майстра** форм?
8. Які засоби редагування форм можливі тільки у режимі **Конструктор**? Як у режимі **Конструктор** можна винести поля на форму?
9. В якому з режимів виведення форми на екран можна редагувати колонтитули на формі? Як це зробити?
10. Які існують способи створення підформ?
11. Що називають звітом БД? Яке основне призначення звітів?
12. З яких частин складається вікно конструктора звітів?
13. Як у вікні конструктора звітів додати відсутні чи вилучити непотрібні розділи?
14. Для чого у звіті формують рівні групування?
15. Як на звіт винести емблему компанії чи фонове зображення?
16. Які команди можна виконувати у режимі **Попередній перегляд звіту**?
17. Як при роботі з **Майстром** звітів змінити групування даних?
18. Як елементу керування на звіті задати правила умовного форматування?
19. В якому режимі зручніше створювати рівні групування?
20. Як за допомогою тем надати звіту професійного зовнішнього вигляду?

Література: [2–11]

Лабораторна робота 4.

Доробка інфологічної та даталогічної схем БД для дефініції режиму відновлення колінчастого вала

Мета: установити найкращий режим хромування в саморегулюючому електроліті ділянки колінчастого вала під манжетою.

Інфологічна модель БД доробляється у процесі концептуального проектування. Тому потрібно виділити усі об'єкти БД, визначити їхні характеристики (атрибути) та установити зв'язки між об'єктами (табл. 4.1). Мета інфологічного проектування – зробити структуровану інформаційну модель предметної області, для якої буде розроблятися БД.

Таблиця 4.1 – Доробка інфологічної схеми БД

Ненормалізована БД	Перша нормальна форма
Назва_електроліту CrO3 SrSO4 K2SiF6 K2Cr2O7	Таблиця «ЕЛЕКТРОЛІТИ_ХІМСКЛАД» №_Електроліту Назва_електроліту CrO3 SrSO4 K2SiF6 K2Cr2O7
Температура_градС Катодна_щільність_струму Вихід_по_струму_відсотки Швидкість_осадження_хрому	Таблиця «ЕЛЕКТРОЛІТИ_РЕЖИМИ» №_Електроліту Температура_градС Катодна_щільність_струму_А_дм2 Вихід_по_струму_відсотки Швидкість_осадження_хрому_мкм_хв
№_Електроліту Твердість_HV Зчеплення_відсотки Зношення_мг	Таблиця «ЕЛЕКТРОЛІТИ_ФізХімВЛАСТИВОСТІ» №_Електроліту Твердість_HV Зчеплення_відсотки Зношення_мг

Логічне проектування – це трансформація інфологічної моделі даних у даталогічну, яка детальніше враховує взаємозалежності між окремими параметрами БД.

На рис. 4.1 наведена доробка даталогічної схеми БД.

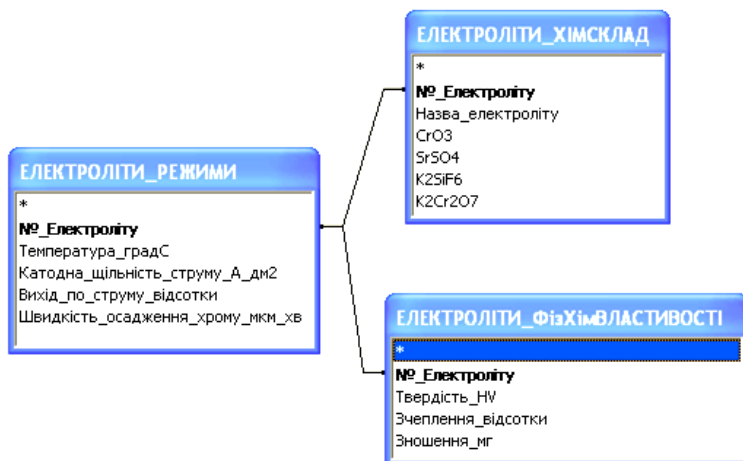


Рис. 4.1 – Вікно доробки даталогічної схеми БД

Контрольні питання

1. Що таке первинний ключ?
2. Назвіть способи, за допомогою яких можливо відкрити схему даних.
3. Що повинно бути однаковим у полях, які зв'язуються?
4. Які типи зв'язків існують у реляційних базах даних?
5. Якими способами можна зв'язати таблиці у MS Access?
6. Що таке підтримання цілісності даних, каскадне оновлення та каскадне видалення ?

Література: [2–11; 15]

Лабораторна робота 5.

Застосування мови SQL для зміцнення та відновлення колінчастого вала

Мета: зробити керуючий SQL-запит «Розробка таблиці ЕЛЕКТРОЛІТИ_ХІМСКЛАД»; SQL-запит на додавання «Введення першого рядка у таблицю ЕЛЕКТРОЛІТИ_ХІМСКЛАД»; SQL-запити на додавання другого і третього записів у таблицю «ЕЛЕКТРОЛІТИ_ХІМСКЛАД»; керуючий SQL-запит «Розробка таблиці ЕЛЕКТРОЛІТИ_РЕЖИМИ» і SQL-запитів на додавання записів у таблицю «ЕЛЕКТРОЛІТИ_РЕЖИМИ», керуючий SQL-запит «Розробка таблиці ЕЛЕКТРОЛІТИ_ФізХімВЛАСТИВОСТІ» і SQL-запити на додавання записів у таблицю «ЕЛЕКТРОЛІТИ_ФізХімВЛАСТИВОСТІ».

Завдання 5.1. Зробити керуючий SQL-запит «Розробка таблиці ЕЛЕКТРОЛІТИ_ХІМСКЛАД»:

– відкрити створену БД, перейти на вкладку **Создание** та обрати кнопку **Конструктор запросов** (рис. 5.1):

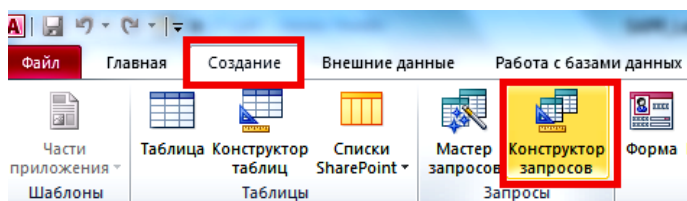


Рис. 5.1 – Вікно початку розробки керуючого SQL-запита

– у вікні **Добавление таблицы** на вкладці **Таблицы** обрати кнопку **Закреть**; у головному меню обрати **Режим SQL** (рис. 5.2);

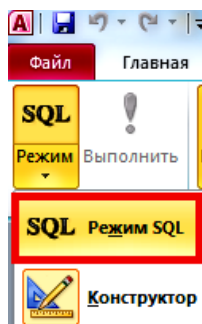
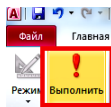


Рис. 5.2 – Вікно переходу в SQL-режим розробки таблиці

– у вікно **Запрос** ввести оператори:

```
CREATE TABLE ЕЛЕКТРОЛІТИ_ХІМСКЛАД
( №_Електроліту INTEGER NOT NULL UNIQUE PRIMARY KEY,
Назва_електроліту VARCHAR,
CrO3 VARCHAR,
SrSO4 VARCHAR,
K2 SiF6 VARCHAR,
K2 Cr2 O7 VARCHAR);
```

– у рядку меню вибрати **Выполнить** (результат реалізації запита – рис. 5.3).



ЕЛЕКТРОЛІТИ_ХІМСКЛАД					
№_Електроліту ▾	Назва_електроліту ▾	CrO3 ▾	SrSO4 ▾	K2SiF6 ▾	K2Cr2O7 ▾
*					

**Рис. 5.3 – Вікно керуючого SQL-запита
«Розробка таблиці ЕЛЕКТРОЛІТИ_ХІМСКЛАД»**

Завдання 5.2. Зробити SQL-запит на додавання «Вставлення першого рядка у таблицю ЕЛЕКТРОЛІТИ_ХІМСКЛАД»:

- перейти на вкладку **Создание** та повторно обрати кнопку **Конструктор записів** (див. рис. 5.1);
- у вікні **Добавление таблицы** на вкладці **Таблицы** обрати кнопку **Закорити**; у головному меню обрати **Режим SQL** (див. рис. 5.2);
- у відкрите вікно **Запрос** ввести наступні оператори:

```
INSERT INTO ЕЛЕКТРОЛІТИ_ХІМСКЛАД
VALUES ('1', 'Сульфатний (універсальний)', '250', NULL, NULL, NULL);
```

– у рядку меню вибрати **Выполнить** (результат реалізації запита – рис. 5.4).

ЕЛЕКТРОЛІТИ_ХІМСКЛАД					
№_Електро ▾	Назва_електроліту ▾	CrO3 ▾	SrSO4 ▾	K2SiF6 ▾	K2Cr2O7 ▾
1	Сульфатний (універсальний)	250			

**Рис. 5.4 – Вікно SQL-запита на додавання
«Вставлення першого рядка у таблицю ЕЛЕКТРОЛІТИ_ХІМСКЛАД»**

Завдання 5.3. Зробити SQL-запити на додавання 2- та 3-го записів у таблицю «ЕЛЕКТРОЛІТИ_ХІМСКЛАД»:

- перейти на вкладку **Создание** та повторно обрати кнопку **Конструктор запросов** (див. рис. 5.1);
- у вікні **Добавление таблицы** на вкладці **Таблицы** обрати кнопку **Закорити**; у головному меню обрати **Режим SQL** (див. рис. 5.2);
- у відкрите вікно **Запрос** ввести наступні оператори:

```
INSERT INTO ЕЛЕКТРОЛІТИ_ХІМСКЛАД
VALUES ( ' 2 ', ' Сульфатно-кремнієфторидний ', ' 230-250 ', ' 5,5-6,5 ', ' 18-20 ', NULL );
INSERT INTO ЕЛЕКТРОЛІТИ_ХІМСКЛАД
VALUES ( ' 3 ', 'Сульфатно-кремнієфторидний з добавкою біхромату калію ', ' 175 ', ' 6-8 ', ' 20 ', ' 110 ');
```

- у рядку меню вибрати **Выполнить** (результат реалізації запита – рис. 5.5).

ЕЛЕКТРОЛІТИ_ХІМСКЛАД					
№_Електро	Назва_електроліту	CrO3	SiSO4	K2SiF6	K2Cr2O7
1	Сульфатний (універсальний) 250				
2	Сульфатно-кремнієфториди 230-250		5,5-6,5	18-20	
3	Сульфатно-кремнієфториди 175		6-8	20	110

Рис. 5.5 – Вікно результату реалізації SQL-запита на вставлення першого і третього рядків у таблицю «ЕЛЕКТРОЛІТИ_ХІМСКЛАД»

Завдання 5.4. Зробити керуючий SQL-запит «Розробка таблиці ЕЛЕКТРОЛІТИ_РЕЖИМИ» та SQL-запити на додання рядків у таблицю «ЕЛЕКТРОЛІТИ_РЕЖИМИ» (рис. 5.6).

№_Електроліту	Температура_градС	Катодна щільність_струму_А_дм2	Вихід_по_струму_відсотки	Швидкість_осадження_хр_ому_мкм_хв
ЕЛЕКТРОЛІТИ_РЕЖИМИ				
1	45-70	50-100	17-24	1,0
2	55-65	40-80	17-22	0,9
3	40-70	30-60	17-20	0,8

Рис. 5.6 – Вікно SQL-запита «ЕЛЕКТРОЛІТИ_РЕЖИМИ»

Завдання 5.5. Зробити керуючий SQL-запит «Розробка таблиці ЕЛЕКТРОЛІТИ_ФізХімВЛАСТИВОСТІ» та SQL-запити на додання рядків у таблицю «ЕЛЕКТРОЛІТИ_ФізХімВЛАСТИВОСТІ» (рис. 5.7).

ЕЛЕКТРОЛІТИ_ФізХімВЛАСТИВОСТІ			
№_Електроліту	Твердість_НВ	Зчеплення_відсотки	Зношення_мг
1	1070	75	0,5
2	1230	68	0,35
3	950	78	0,3

Рис. 5.7 – Вікно SQL-запита «ЕЛЕКТРОЛІТИ_ФізХімВЛАСТИВОСТІ»

Контрольні питання

1. Які оператори порівняння можна використовувати в умовах відбору записів? Навести приклади таких умов.
2. Для чого може використовуватись вираз в умові відбору: IS NULL? Чим він відрізняється від виразу IS NOT NULL?
3. Навести приклади критеріїв відбору у запитах з використанням логічних операторів AND та OR.
4. Навести приклади критеріїв відбору у запитах з використанням операторів BETWEEN та IN.
5. З якою метою застосовують обчислювані поля? Як у запиті створити обчислюване поле? Навести приклад виразу для обчислюваного поля.
6. Для чого у запитах застосовуються групові функції? Навести приклади.
7. Роз'яснити використання в критеріях відбору операторів /, \ та MOD. Навести приклади таких умов.
8. Навести приклади умов у запитах з використанням оператора LIKE.
9. Яка команда SQL дозволяє видаляти рядки з таблиці?

Література: [12–15]

Лабораторна робота 6.

Застосування мови SQL для розробки запитів на обрання

Мета: зробити SQL-запити на обрання «ЕЛЕКТРОЛІТИ», «НАЙКРАЩИЙ ЕЛЕКТРОЛІТ», «ПІДСУМКОВА ТАБЛИЦЯ».

Завдання 6.1. Зробити SQL-запит на обрання «ЕЛЕКТРОЛІТИ»:

- відкрити створену БД, перейти на вкладку **Создание** та обрати кнопку **Конструктор запитів** (див. рис. 5.1);
- у вікні **Добавление таблицы** на вкладці **Таблицы** обрати кнопку **Закрити**; у головному меню обрати **Режим SQL** (див. рис. 5.2);
- у вікно **Запит** ввести оператори:

```
SELECT
ЕЛЕКТРОЛІТИ_ХІМСКЛАД.Назва_електроліту
ЕЛЕКТРОЛІТИ_РЕЖИМИ.Швидкість_осадження_хрому_мкм_хв
ЕЛЕКТРОЛІТИ_ФізХімВЛАСТИВОСТІ.Твердість_HV
ЕЛЕКТРОЛІТИ_ФізХімВЛАСТИВОСТІ.Зчеплення_відсотки
ЕЛЕКТРОЛІТИ_ФізХімВЛАСТИВОСТІ.Зношення_мг
FROM
(ЕЛЕКТРОЛІТИ_ХІМСКЛАД
INNER JOIN ЕЛЕКТРОЛІТИ_РЕЖИМИ
ON ЕЛЕКТРОЛІТИ_ХІМСКЛАД.№_Електроліту=
ЕЛЕКТРОЛІТИ_РЕЖИМИ.№_Електроліту)
INNER JOIN ЕЛЕКТРОЛІТИ_ФізХімВЛАСТИВОСТІ
ON ЕЛЕКТРОЛІТИ_ХІМСКЛАД.№_Електроліту=
ЕЛЕКТРОЛІТИ_ФізХімВЛАСТИВОСТІ.№_Електроліту;
```

- у рядку меню вибрати **Выполнить** (результат реалізації запиту – рис. 6.1).

Назва_електроліту	Швидкість_осадження_хрому_мкм_хв	Твердість_HV	Зчеплення_відсотки	Зношення_мг
Сульфатний (універсальний)	1,0	1070	75	0,5
Сульфатно-кремнієфторидний	0,9	1230	68	0,35
Сульфатно-кремнієфторидний з добавкою біхромату калію	0,8	950	78	0,3

Рис. 6.1 – Вікно SQL-запиту на обрання «ЕЛЕКТРОЛІТИ»

Завдання 6.2. Зробити SQL-запит на обрання «НАЙКРАЩИЙ ЕЛЕКТРОЛІТ»:

```
SELECT Назва_електроліту, Зношення_мг
FROM ЕЛЕКТРОЛІТИ
WHERE Зношення_мг =
(SELECT Min (Зношення_мг)
FROM ЕЛЕКТРОЛІТИ);
```

Результат реалізації запита – рис. 6.2.

НАЙКРАЩИЙ ЕЛЕКТРОЛІТ	
Назва_електроліту	Зношення_
Сульфатно-кремнієфторидний з добавкою біхромату калію	0,3

Рис. 6.2 – Вікно SQL-запита на обрання «НАЙКРАЩИЙ ЕЛЕКТРОЛІТ»

Завдання 6.3. Зробити SQL-запит на обрання «ПІДСУМКОВА ТАБЛИЦЯ»:

```

SELECT
    [Деталі].[Назва деталі],
    [Дефекти].[Назва дефекту],
    [ВСУД№1].[Спосіб усунення дефекту],
    [ОптЕ].[Назва_електроліту]
FROM
    [Основні деталі ДВЗ] AS Деталі,
    [Дефекти колінчастого вала,
    вимоги до відремонтованої деталі] AS Дефекти,
    [Вибір способу усунення дефекту №1] AS ВСУД№1,
    [ОПТИМАЛЬНИЙ ЕЛЕКТРОЛІТ] AS ОптЕ
WHERE
    [Деталі].[Код деталі] = [Дефекти].[Код деталі]
AND
    [Дефекти].[Назва дефекту] = [ВСУД№1].[Назва дефекту];

```

Результат реалізації запита – рис. 6.3.

ПІДСУМКОВА ТАБЛИЦЯ			
Назва деталі	Назва дефекту	Спосіб усунення дефекту	Назва_електроліту
Колінчастий вал	Зношування Ø30h8	Хромування електролітичне	Сульфатно-кремнієфторидний з добавкою біхромату калію

Рис. 6.3 – Вікно SQL-запита на обрання «ПІДСУМКОВА ТАБЛИЦЯ»

Контрольні питання

1. Для чого слугує функція Avg()?
2. Яка агрегатна функція виводить середнє арифметичне значення?
3. Яка конструкція використовується для одержання потрібної інформації із таблиць БД?
4. Яким ключовим словом користуються для визначення умов відбору записів із таблиці?
5. Яке ключове слово використовують для відображення записів, що відповідають вказаним умовам лише в одному екземплярі?
6. Яку конструкцію потрібно використати для структуризації результатів запита за певними даними?

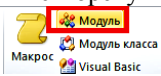
Література: [12–15]

Лабораторна робота 7.

Використання VBA для зміцнення та відновлення колінчастого вала

Мета: у розробленій БД зробити таблицю «ЕЛЕКТРОЛІТИ_ХІМСКЛАД1» з використанням об'єкта ADOX; зробити з'єднання з БД та одержати дані про структуру таблиці «ЕЛЕКТРОЛІТИ_ХІМСКЛАД1».

Завдання 7.1. Зробити таблицю «ЕЛЕКТРОЛІТИ_ХІМСКЛАД1» із застосуванням об'єкта ADOX:

– відкрити створену БД, перейти на вкладку **Создание** та обрати кнопку **Модуль**  (відкриється вікно текстового редактора Microsoft Visual Basic).

Щоб зробити таблицю засобами програмного коду:

– у вікно текстового редактора VBA внести програмний текст:

Option Compare Database

```
'Розробка таблиці "Електроліти_Хіmsклад1"
Sub CreateTable()
    'Оголошення змінних Table, Catalog (файл бази даних), Key
    Dim Table As New Table
    Dim Catalog As New ADOX.Catalog
    Dim Key As New ADOX.Key

    'Підключення до бази даних VBA1.mdb: повторити текст_
    'до фрагмента Data Source= і ввести шлях до каталогу, _
    'в якому знаходиться створювана база даних
    Catalog.ActiveConnection = _
    "Provider = Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Data " & _
    "Source=D:\VBA1.mdb"

    'Вставлення назви таблиці
    Table.Name = "Електроліти_Хіmsклад1"
    Table.ParentCatalog = Catalog

    'Дефініції полів таблиці
    Table.Columns.Append "№_Електроліту", adInteger
    Table.Columns.Append "Назва_електроліту", adVarChar
    Table.Columns.Append "CrO3", adVarChar
    Table.Columns.Append "SrSO4", adVarChar
    Table.Columns.Append "K2SiF6", adVarChar
    Table.Columns.Append "K2Cr2O7", adVarChar

    'Додання створеної таблиці у каталог Catalog
    Catalog.Tables.Append Table

    'Дефініції первинного ключа і додання його у таблицю
    Key.Name = "№_Електроліту"
    Key.Type = adKeyPrimary
    Key.Columns.Append "№_Електроліту"
```

```

Catalog.Tables("Електроліти_Хімсклад1").Keys.Append Key, keyPrimary
'Закриття поточного з'єднання з каталогом
Set Catalog.ActiveConnection = Nothing
End Sub
'Щоб програма запустилась - зберегти БД

```

Для запуску програми:

- з рядка меню редактора VBA вибрати Run – Run Sub/UserForm

(рис. 7.1).



Рис. 7.1 – Вікно запуску програми

```

'Циклічне вставлення даних у таблицю1
Sub InputData()
Dim Connection As New ADODB.Connection
Dim Catalog As New ADOX.Catalog
Dim RecordSet As New ADODB.RecordSet
Dim Field As Field
Connection.Open "Provider = Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;
Data Source=D:\VBA1.mdb"

Set Catalog.ActiveConnection = Connection
,
RecordSet.Open "Електроліти Хімсклад",
Catalog.ActiveConnection, adOpenDynamic,
adLockBatchOptimistic

RecordSet.Fields.Refresh
,

Dim Temp As String

'Зовнішній цикл Do While...Loop,
'внутрішній цикл For Each...Next
'Зовнішній цикл Do While (1) відкриває
'нескінченний цикл
Do While (1)
Do While (1)
RecordSet.AddNew
For Each Field In RecordSet.Fields
If (Field.Name <> "№_Електроліту") Then
Temp = InputBox("Ввести значення поля"
& Field.Name & _
"(Q=Вихід) :", Field.Name)

```

```

        If (Temp = "Q") Then Exit For
        Field.Value = Temp
    End If

    Next
    If (Temp = "Q") Then
        Exit Do
    Else
        RecordSet.Update
    End If
Loop
RecordSet.Close
Set RecordSet = Nothing
Set Catalog = Nothing
Connection.Close
Set Connection = Nothing
End Sub

'Циклічне вставлення даних у таблицю2
Sub InputData()
    Dim Connection As New ADODB.Connection
    Dim Catalog As New ADOX.Catalog
    Dim RecordSet As New ADODB.RecordSet
    Dim Field As Field
    Connection.Open "Provider = Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;
    Data Source=D:\VBA1.mdb"

    Set Catalog.ActiveConnection = Connection
    ,

    RecordSet.Open "Електроліти Хімсклад1",
    Catalog.ActiveConnection, _
    adOpenDynamic, adLockBatchOptimistic

    RecordSet.Fields.Refresh

    'Оголошення символічної змінної Temp
    'для зберігання результатів вставлення
    Dim Temp As String
    'Зовнішній цикл Do While...Loop
    'Інструкція Do While (1) відкриває
    ' нескінченний цикл
    Do While (1)
        RecordSet.AddNew
        'Внутрішній цикл For Each...Next

```

```

For Each Field In RecordSet.Fields
    Temp = InputBox("Ввести значення поля"
        & " " & Field.Name & _
        " " & "(Q=Вихід):", Field.Name)
    If (Temp = "Q") Then Exit For
    Field.Value = Temp
Next
If (Temp = "Q") Then
    Exit Do
Else
    RecordSet.Update
End If
Loop
RecordSet.Close
Set RecordSet = Nothing
Set Catalog = Nothing
Connection.Close
Set Connection = Nothing
End Sub

```

Завдання 7.2. Зробити з'єднання з БД та одержати дані про структуру таблиці «ЕЛЕКТРОЛІТИ_ХІМСКЛАД1»:

– у вікно редактора VBA внести програмний текст:

```

'Відкриття таблиці та відображення даних
'про її структуру
Sub DisplayFields()
    'Оголошення об'єктів стандартних класів
    'Connection, Catalog, Key, RecordSet,
    'Field, розроблених Microsoft
    Dim Connection As New ADODB.Connection
    Dim Catalog As New ADOX.Catalog
    Dim Key As New ADOX.Key
    Dim RecordSet As New ADODB.RecordSet
    Dim Field As Field
    'Відкриття з'єднання з базою даних БД.mdb:
    'повторити текст до фрагмента Data Source=
    'і ввести шлях до каталогу, _
    'в якому знаходиться створювана база даних
    Connection.Open "Provider = Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;
    Data Source=D:\БД.mdb"

    Set Catalog.ActiveConnection = Connection
    'Інструкція безпосереднього відкриття таблиці

```

```

RecordSet.Open "Електроліти_Хімсклад1",
Catalog.ActiveConnection, adOpenKeyset
    'Реалізації команди Refresh гарантує
    'отримання актуальних даних
RecordSet.Fields.Refresh
    'Циклічна конструкція For Each... Next
For Each Field In RecordSet.Fields
    'Вивід даних про найменування поля,
    'його тип, розмір
    Debug.Print Field.Name & ", " & Field.Type & ",
    " & Field.ActualSize

Next
    'Операції очистки та вилучення об'єктів БД
    '(об'єкти набору даних та з'єднання
    'закриваються командами Close)
RecordSet.Close
    'Інструкції присвоювання визначеного значення
    'Nothing здійснюють повернення виділеним
    'змінним фрагментів пам'яті
    'у загальну область динамічно розподіленої пам'яті
Set RecordSet = Nothing
Set Catalog = Nothing
Connection.Close
Set Connection = Nothing
End Sub
'Щоб побачити результати - вибрати View -
'Immediate Window

```

Контрольні питання

1. Які мови програмування використовуються в MS Access?
2. Що є основним об'єктом VBA?
3. Якою комбінацією клавіш запускається VBA?
4. Що таке Toolbox?
5. Яка клавіша використовується для запуску власної програми?
6. Що потрібно зробити, щоб відкрити вікно програмного коду?
7. Який елемент керування дозволяє створити напис на формі?
8. Що робить команда «Dim»?
9. Як записати у VBA а не дорівнює b?
10. Як описати, що змінна A – ціле число?

Література: [10; 15]

Лабораторна робота 8.

Використання макросів для зміцнення та відновлення колінчастого вала

Мета: у створеній БД:

- зробити макрос «Відкриття_1» для паралельного запускання потрібних вікон (таблиці «Основні деталі ДВЗ», запита «Дефекти деталей ДВЗ», форми «Методи елімінації дефекту № 1 колінчастого вала»);
- зробити макрос «Відкриття_2» для зміни у макросі «Відкриття_1» розмірів вікон БД до величини кнопки;
- пов'язати макрос «Відкриття_1» з відкриванням БД;
- автоматизувати пошук;
- пов'язати макрос, який акцентує запис форми «Методи елімінації дефекту № 1 колінчастого вала» та копіює її у буфер обміну, із кнопкою.

Завдання 8.1. Зробити макрос «Відкриття_1» для одночасного відкривання потрібних вікон (таблиці «Основні деталі ДВЗ», запита «Дефекти деталей ДВЗ», форми «Методи елімінації дефекту № 1 колінчастого вала»):

- відкрити створену БД, перейти на вкладку **Создание** та обрати кнопку **Макрос**  ;

- у вікні макроса у списку **Добавить новую макрокоманду** обрати **ОткрытьТаблицу**  , у вікно якої ввести «Основні деталі ДВЗ» (рис. 8.1);

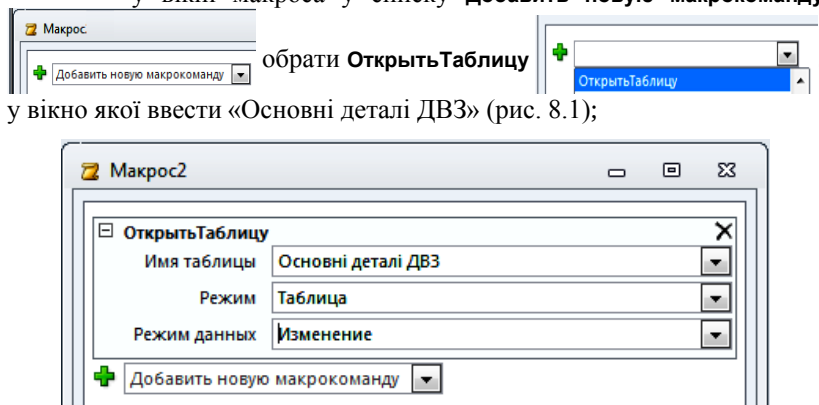


Рис. 8.1 – Вікно макрокоманди Открыть Таблицу

- знову у списку **Добавить новую макрокоманду** обрати **Открыть Запрос**, і ввести запит «Дефекти деталей ДВЗ» (рис. 8.2);

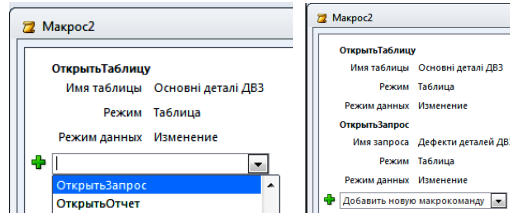


Рис. 8.2 – Вікно продовження створення макроса

- знову у списку **Добавить новую макрокоманду** обрати **Открыть форму**, у вікно якої ввести форму «Методи елімінації дефекту № 1 колінчастого вала»;
- вибрати **Файл – Сохранить** і зберегти макрос під іменем «Відкриття_1» (рис. 8.3);

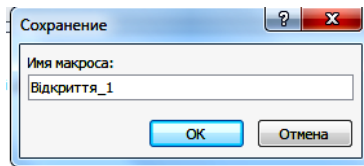
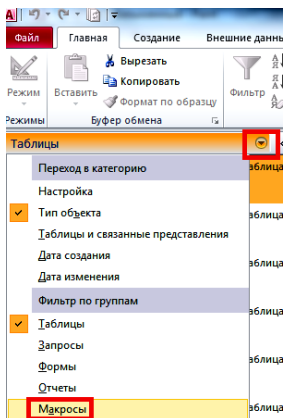
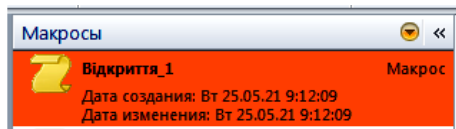


Рис. 8.3 – Вікно збереження макроса

- у головному вікні клацнути **Макросы** (рис. 8.4, а), а у вікні **Макросы** вибрати «Відкриття_1» (рис. 8.4, б):



а



б

Рис. 8.4 – Вікна запуску макроса

Результат виконання макроса (рис. 8.5).

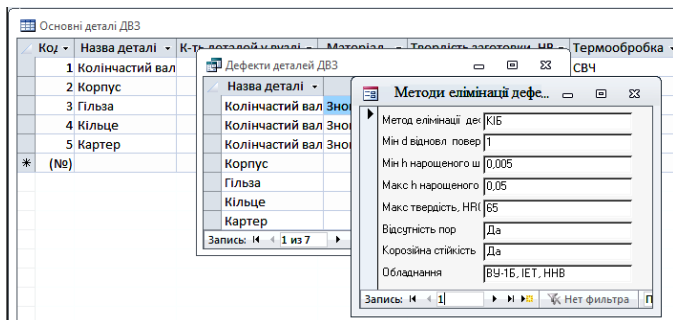


Рис. 8.5 – Вікно макроса «Відкриття_1»

Завдання 8.2. Зробити макрос «Відкриття_2» (для зміни у макроса «Відкриття_1» – зменшити вікна БД до розмірів кнопки):

– у вікні **Макроси** виділити макрос «Відкриття_1» і клацнути правою кнопкою миші для його копіювання (рис. 8.6, а); знову клацнути правою кнопкою миші у вікні **Макроси** і з контекстного меню вибрати **Вставить**; перейменувати макрос на «Відкриття 2» (рис. 8.6, б):

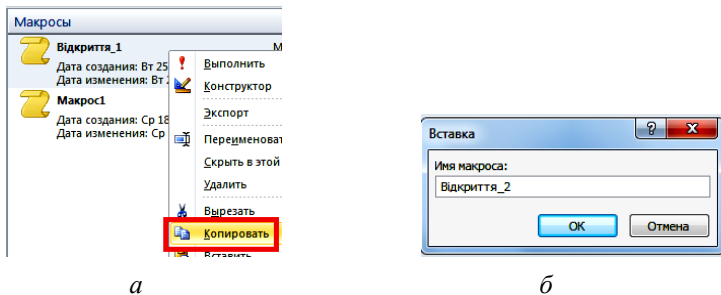


Рис. 8.6 – Вікно копіювання (а) й перейменування (б) макроса «Відкриття 1»

– відкрити вікно макроса «Відкриття_2» у режимі конструктора (рис. 8.7, а), для чого клацнути на ньому правою кнопкою миші та з контекстного меню вибрати **Конструктор**;

– у вікні макроса «Відкриття_2» клацнути правою кнопкою миші на **Открыть таблицу** та з контекстного меню вибрати **Свернуть все** (див. рис. 8.7, б), щоб вікно таблиці «Основні деталі ДВЗ» згорталось до кнопки (автоматично згорнуться вікна запита «Дефекти деталей ДВЗ» і форми «Методи елімінації дефекту № 1 колінчастого вала» – рис. 8.8); зберегти зміни.

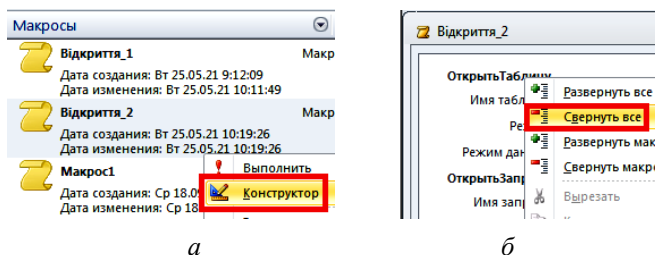


Рис. 8.7 – Вікна переходу макроса «Відкриття_2» у режим конструктора (а) та встановлення команди **Свернуть все** (б)

Вікно макроса «Відкриття_2» показано на рис. 8.8.

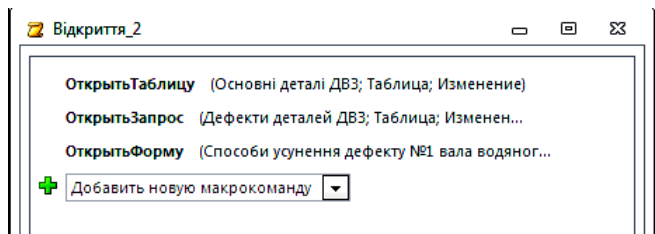


Рис. 8.8 – Вікно макроса «Відкриття_2»

Завдання 8.3. Зв'язати макрос «Відкриття_1» з відкриттям БД:

– у вікні БД клацнути правою кнопкою миші на макрос «Відкриття_1», з контекстного меню вибрати **Переименовать** (рис. 8.9, а) і присвоїти цьому макросу нове ім'я «AutoExec» (макрос з таким іменем буде автоматично виконуватись при відкриванні БД).

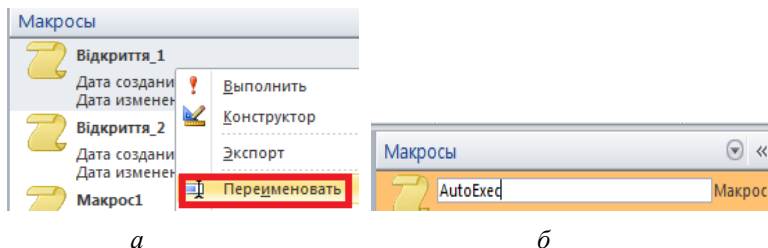


Рис. 8.9 – Вікно макроса «Відкриття_2»

При відкриванні БД Access перевіряє присутність у ній макроса «AutoExec» і, якщо знаходить його, то виконує (в одній БД використовується тільки один макрос «AutoExec»).

Для перевірки дієздатності макроса «AutoExec»:

– спочатку закрити БД, а потім її відкрити (макрос «AutoExec» не виконуватиметься, якщо перед завантаженням БД натиснути клавішу Shift).

Завдання 8.4. Автоматизувати пошук (у формі «Методи елімінації дефекту № 1 колінчастого вала» розшукати метод «Хромування електролітичне») за допомогою макроса:

– відкрити створену БД, перейти на вкладку **Создание** та обрати вкладку **Макросы**;

– у БД обрати вкладку **Формы** та пересунути форму «Методи елімінації дефекту №1 колінчастого вала» у вікно макроса (поле **Добавить новую макрокоманду**) і ввести дані згідно з рис. 8.10:

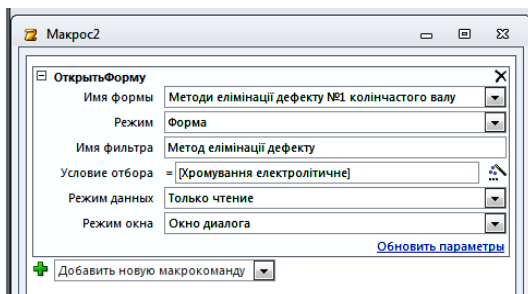


Рис. 8.10 – Вікно створення макроса

– привласнити макросу ім'я «Пошук» та запустити його (форма відкриється, здійснить пошук і виокремить потрібне значення (рис. 8.11):

Методи елімінації дефекту №1 колінчастого вала

№ дефекту	1
№ методу елімінації деф	4
Метод елімінації дефект	Хромування електролітичне
Мін d відновл поверхні, r	1
Мін h нарощеного шару, r	0,01
Макс h нарощеного шару,	0,4
Макс твердість, HRC	65
Відсутність пор	Да
Корозійна стійкість	Да
Обладнання	УАП, АГ-24, АЛГ-433

писы: 14 4 из 6 С. Фильтром Поиск

Рис. 8.11 – Вікно виконання макроса «Пошук»

Контрольні питання

1. Які засоби програмування підтримує MS Access?
2. Що являє собою макрос в Access?
3. Що являє собою модуль в Access?
4. Чим відрізняється модуль від макроса?
5. В яких випадках в Access доречніше використовувати макроси, а в яких – модулі?
6. Як створити макрос і через нього створити зв'язок з об'єктами БД?
7. Яка мова програмування використовується в MS Access для написання програмного коду?
8. Як створити на формі кнопку з макросом?
9. Як створити самостійний (глобальний) макрос, який можна використовувати неодноразово у різних об'єктах керування?
10. Де відображаються глобальні макроси, створені у БД?
11. Що треба зробити, щоб запустити глобальний макрос?
12. Для чого призначений об'єкт бази даних **Макрос**?

Література: [5; 11; 15]

Лабораторна робота 9.

Застосування MathCAD для математичного моделювання зносостійкості відновленого колінчастого вала

Мета: лінійна та поліноміальна апроксимація за методом найменших квадратів даних зносостійкості відновленого колінчастого вала.

Завданням регресійного аналізу є підбір математичних формул, які найкращим чином описують експериментальні дані [9, 10].

Математична постановка задачі регресії полягає в наступному. Залежність величини (числового значення) певної властивості випадкового процесу або фізичного явища Y від іншої змінної властивості або параметра X , яке в загальному випадку також може відноситися до випадкової величини, зареєстрована на безлічі точок x_k безліччю значень y_k , при цьому в кожній точці зареєстровані значення y_k і x_k відображають дійсні значення $Y(x_k)$ з випадковою похибкою σ_k , розподіленої, як правило, за нормальним законом. За сукупністю значень y_k потрібно підібрати таку функцію $f(x_k, a_0, a_1, \dots, a_n)$, залежність $Y(x)$ якої відображалась би з мінімальною похибкою. Звідси випливає умова наближення:

$$y_k = f(x_k, a_0, a_1, \dots, a_n) + \sigma_k. \quad (9.1)$$

Функцію $f(x_k, a_0, a_1, \dots, a_n)$ називають **регресією величини y на величину x** . Регресійний аналіз передбачає завдання виду функції $f(x_k, a_0, a_1, \dots, a_n)$ і визначення чисельних значень її параметрів $a_0, a_1, \dots, a_n$, які забезпечують найменшу похибку наближення до безлічі значень y_k . Як правило, при регресійному аналізі похибка наближення обчислюється методом найменших квадратів (МНК). Для цього виконується мінімізація функції квадратів залишкових помилок:

$$\sigma(a_0, a_1, \dots, a_n) = \sum_k [F(x_k, a_0, a_1, \dots, a_n) - y_k]. \quad (9.2)$$

Для визначення параметрів $a_0, a_1, \dots, a_n$ функція залишкових помилок диференціюється за всіма параметрами, отримані рівняння приватних похідних прирівнюються нулю і вирішуються у сукупності щодо всіх значень параметрів. Види регресії зазвичай називаються за типом апроксимуючих функцій: **поліноміальна, експонентна, логарифмічна** і т.п.

Найпоширенішим методом апроксимації експериментальних даних є метод найменших квадратів. Метод дозволяє використовувати апроксимуючі функції довільного виду й відноситься до групи глобаль-

них методів. Найпростішим варіантом методу найменших квадратів є апроксимація прямою лінією (поліномом першого ступеня). Цей варіант методу найменших квадратів носить також назву *лінійної регресії* [11].

Критерієм близькості у методі найменших квадратів є вимога мінімальності суми квадратів відхилень від апроксимуючої функції до експериментальних точок:

$$\Phi = \sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2 \rightarrow \min. \quad (9.3)$$

Таким чином, не потрібно, щоб апроксимуюча функція проходила через усі задані точки, що особливо важливо при апроксимації даних, які свідомо містять похибки.

Важливою особливістю методу є те, що апроксимуюча функція може бути довільною. Її вид визначається особливостями розв'язуваного завдання, наприклад, фізичними міркуваннями, якщо проводиться апроксимація результатів фізичного експерименту. Найчастіше зустрічаються апроксимація прямої лінією (лінійна регресія), апроксимація поліномом (поліноміальна регресія), апроксимація лінійною комбінацією довільних функцій. Крім того, часто буває можливо шляхом заміни змінних звести завдання до лінійної (провести лінеаризацію). Наприклад, нехай апроксимуюча функція шукається у вигляді

$y = A \exp(kx)$. Логарифмуємо цей вираз й уведемо позначення $z = \ln(y)$, $a = \ln(A)$. Тоді в нових позначеннях завдання зводиться до відшукування коефіцієнтів лінійної функції $z = a + kx$.

Таким чином, метод найменших квадратів — знаходження наближеного розв'язку надлишково-визначеної системи, який часто застосовують у регресійному аналізі. На практиці використовують лінійний метод найменших квадратів у випадку системи лінійних рівнянь. Важливим застосуванням у цьому випадку є оцінка параметрів у лінійній регресії. Оцінка за цим методом математичного сподівання випадкової величини x є вибіркове середнє $\bar{x}$ (ця оцінка співпадає з оцінкою максимальної правдоподібності для випадкової величини, яка має нормальний розподіл).

Реалізація роботи

Завдання 9.1. Обчислити характеристики лінійного рівняння a та b для вихідних даних y_i , розміщених у масиві **DATA**:

а) обчислення мінімізацією суми квадратів відхилень:

$$\text{DATA} := \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 \\ 0 & 0.11514 & 0.14563 & 0.16968 & 0.19493 & 0.21412 & 0.23482 & 0.25250 & 0.26395 & 0.27457 & 0.28482 & 0.29013 \end{pmatrix}^T \quad \begin{matrix} \leftarrow \text{значения } x_i \\ \leftarrow \text{значения } y_i \end{matrix} \quad (9.4)$$

У нульовому стовпчику масиву **DATA** знаходяться дані x_i , які розташовані у масиві безсистемно. Щоб обробити такі масиви, потрібно систематизувати дані у них – розмістити дані x_i у порядку їх зросту, але при цьому не має змінюватися злагодженисть відповідності даних x_i та y_i . Застосуємо для систематизації значень убудовану функцію **csort**, що розміщує дані параметрів обраного стовпчика в порядку збільшення (параметри іншого стовпчика машинально змістяться у відповідні рядки:

$$\begin{array}{c|cccccccccccc} \text{SORT_DATA_X} = \text{csort}(\text{DATA}, 0) & & & & & & & & & & & & \\ \text{SORT_DATA_X}^T = & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 \\ & 0 & 0.115 & 0.146 & 0.17 & 0.195 & 0.214 & 0.235 & 0.253 & 0.264 & 0.275 & 0.285 & 0.29 \end{array} \quad (9.5)$$

Масив **`SORT_DATA_X`** розбивається на вектори **`X`** та **`Y`**, після чого встановлюємо допоміжну змінну **`i`**:

$$X := \text{SORT_DATA } X^{(0)} \quad Y := \text{SORT_DATA } X^{(1)} \quad i: 0 \dots \text{rows}(X) - 1. \quad (9.6)$$

Встановлюємо апроксимуючу функцію як рівняння прямої лінії:

$$F(a, b, x) : a + b \cdot x. \quad (9.7)$$

Встановлюємо змінну **S** (суму квадратів відхилень):

$$S(a,b):=\sum_i \left(F(a,b,X_i)-Y_i\right)^2. \quad (9.8)$$

Потрібно встановити значення даних a і b , при яких $S(a,b)$ приймає найменше значення. Коли всі точки лежать на одній прямій (ідеальний випадок) сума квадратів відхилень прирівнюється до нуля. Тому задаємо умовою й формуємо розрахунковий блок **Given...Minerr**:

$$\begin{array}{l} \text{a:=1} \quad \text{b:=1} \quad \text{ĩ ðèâèañĩ áĩ í ŷ çĩ à÷áĩ ü ĩ î ÷àòêĩ àèĩ í áàèèèæáĩ í ÿĩ} \\ \text{Given } S(a, b)=0 \quad \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} := \text{Minerr}(a, b) \quad \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.06 \\ 0.022 \end{pmatrix}. \end{array} \quad (9.9)$$

Отримано параметри рівняння прямої лінії, яка найліпше (з позицій методу найменших квадратів) представляє початкові дані. Далі визначається апроксимуюча функцію з наданням їй діапазону зміни значень, що належить діапазону значень x_i у векторі X (9.10):

$$y(x):=a + b \cdot x \quad x:=\min(X), \min(X) + \frac{\max(Y) - \min(Y)}{100} \dots \max(Y). \quad (9.10)$$

Програмою MathCAD нанесено на графік початкові дані (окремі точки) синхронно з прямою лінією, параметри якої розраховані раніше (рис. 9.1):

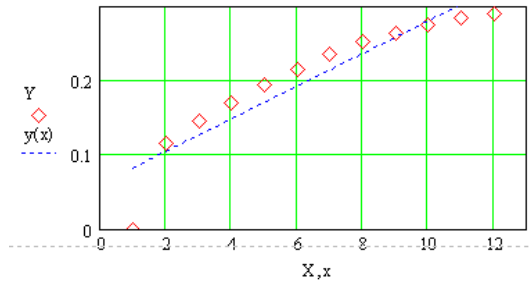


Рис. 9.1 – Апроксимація зносостійкості відновленого колінчастого вала рівнянням прямої лінії

б) обрахунок з використанням убудованих функцій **intercept** і **slope**.

Останнє розв'язування, окрім дефініції характеристик рівняння прямої лінії, продемонструвало основний замисел методу найменших квадратів (виконання методу проведено функцією **Minerr**. Більш простим є розв'язок із використанням функцій **intercept** та **slope**.

Для обчислення регресії MathCAD включає ряд функцій, які створюють криву або поверхню певного типу, що мінімізує помилку між собою й наявними даними. Функції відрізняються типом кривої або поверхні, яку вони використовують, щоб апроксимувати дані [12].

На відміну від функцій інтерполяції ці функції не вимагають, щоб апроксимуюча крива або поверхня проходила через точки даних. Функції регресії набагато чутливі до помилок даних, ніж функції інтерполяції. На відміну від функцій згладжування, кінцевий результат регресії – функція, за допомогою якої оцінюють значення в проміжках між заданими точками.

Функції лінійної регресії повертають нахил і зсув лінії, яка найкраще наближає дані у сенсі найменших квадратів. Якщо помістити значення x_u вектор vx і відповідні значення y в vy , то лінія визначається у наступному вигляді:

$$y = \text{slope}(vx, vy) \cdot x + \text{intercept}(vx, vy), \quad (9.11)$$

де $\text{slope}(vx, vy)$ – повертає скаляр: нахил лінії регресії в сенсі найменших квадратів для даних з vx і vy ; $\text{intercept}(vx, vy)$ – повертає скаляр: зсув за віссю ординат лінії регресії в сенсі найменших квадратів для даних з vx та vy .

Ці функції корисні не тільки, коли дані представляють лінійну, але й коли вони представляють експонентну залежність. Застосуємо ці функції – результат:

$$a1: \text{intercept}(X, Y) \quad a1=0.06 \quad b1: \text{slope}(X, Y) \quad b1=0.0022 \quad (9.12)$$

Таким чином, отримано результати, як у (9.9).

Мірилом тісноти лінійного зв'язку між параметрами x та y може слугувати коефіцієнт кореляції, який обчислюють за допомогою функції **corr(vx, vy)**: чим ближче цей коефіцієнт до 1 або до -1 (коли кут нахилу негативний), тим більш обґрунтована лінійна кореляція між величинами векторів. Уданому випадку:

$$\text{corr}(X, Y)=0.92863$$

Завдання 9.2. Досліджений у завданні 1 масив **DATA_SORT_X** апроксимувати поліномом другого ступеня $y = a + bx + cx^2$ (знайти такі значення параметрів a , b , c , які б забезпечували мінімальне значення суми квадратів відхилень підрахованих параметрів поліному від експериментальних значень.

Усякий дослідницький масив описується різними видами апроксимуючих функцій: у випадку, коли апроксимуючою функцією маємо степеневий поліном, то це поліноміальна апроксимація. Вона у MathCAD реалізується кількома шляхами:

а) використання розв'язуючого блоку:

$$\text{SORT_DATA_X}^T = \begin{array}{c|cccccccccccc} & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 \\ \hline 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 \\ 1 & 0 & 0.115 & 0.146 & 0.17 & 0.195 & 0.214 & 0.235 & 0.253 & 0.264 & 0.275 & 0.285 \end{array} \quad (9.13)$$

Розрахунки реалізуємо подібно завданню 1, a за формулами (9.2–9.10). Результат виконання:

$$\begin{array}{l} y2(a, b, c, x) := a + b \cdot x + c \cdot x^2 \quad a := a1 \quad b := b1 \quad c := 1 \\ \text{Given} \quad \sum_{j=0}^n [(y2(a, b, c, X_j) - Y_j)^2] = 0 \quad a2 := \text{Minim}(a, b, c) \quad a2 = \begin{pmatrix} 6.176 \times 10^{-3} \\ 0.047 \\ -1.988 \times 10^{-3} \end{pmatrix} \end{array} \quad (9.14)$$

$$y2(x) := a2_0 + a2_1 \cdot x + a2_2 \cdot x^2 \quad y1(x) := a1 + b1 \cdot x \quad x := 0..14 \quad (9.15)$$

Зносостійкість відновленого колінчастого вала, апроксимованого поліномом другого ступеня $y = a + bx + cx^2$ наведена на рис. 9.2.

Так як дані **a**, **b**, **c** задані у початковому наближенні, то розрахунковий блок незручний у використанні (початкові наближення для даних **a** і **b** розраховані рівнянням прямої лінії на засаді попередньої апроксимації). Для параметра **c** застосовано формальне значення, що дорівнює одиниці. У випадку, коли потрібно виявити чимало параметрів апроксимації, застосування блоку **Given-Minerr** викликає утруднення, зв'язані з браком даних про коректні значення первинних наближень. Тому для поліноміальної апроксимації потрібно застосовувати інші способи;

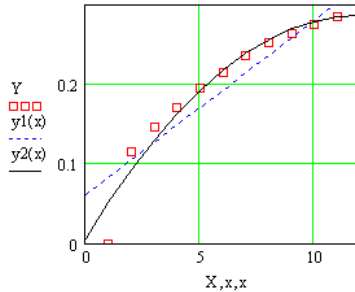


Рис. 9.2 – Апроксимація зносостійкості відновленого колінчастого вала поліномом другого ступеня $y = a + bx + cx^2$

б) застосування для поліноміальної апроксимації матричних операторів.

Задача апроксимації вихідного набору даних поліномом другого ступеня приводиться до розв'язування такої системи рівнянь:

$$\begin{aligned} a \cdot (X_1)^0 + b \cdot (X_1)^1 + c \cdot (X_1)^2 &= Y_1 \\ a \cdot (X_2)^0 + b \cdot (X_3)^1 + c \cdot (X_2)^2 &= Y_2 \end{aligned} \quad (9.16)$$

...

$$\text{rows}(X) = 12 \quad a \cdot (X_{11})^0 + b \cdot (X_{11})^1 + c \cdot (X_{11})^2 = Y_{11}$$

Система (9.16) – перевизначена, тому для неї застосовують співвідношення матричної алгебри. Тільки потрібно правильно сформулювати при невідомих **a**, **b**, **c** наступну матрицю коефіцієнтів:

$$i := 0 \dots \text{rows}(X) - 1$$

$$N_{i,0} := 1 \quad N^{(1)} := X \quad N^{(2)} := X^2 \quad \dots \quad (9.17)$$

Таким чином, отримані однакові коефіцієнти апроксимації, але розв'язування не потребувало початкових наближень:

$$a^2 := (N^T \cdot N)^{-1} \cdot N^T \cdot Y \quad a^2 := \begin{pmatrix} 0.047 \\ -1.988 \cdot 10^{-3} \end{pmatrix}. \quad (9.18)$$

Цю методику використовують для апроксимації поліномами більш високих ступенів. Коли вихідний масив описати кубічною параболою – поліномом $y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3$, досить модифікувати цей масив **N**, приєднавши до нього стовпчик, що включає куби параметрів вектора **X**:

$$N^{(3)} := X^3 \quad a^3 := (N^T \cdot N)^{-1} \cdot N^T \cdot Y \quad a^3 := \begin{pmatrix} -0.062 \\ 0.091 \\ -9.393 \cdot 10^{-3} \\ 3.577 \cdot 10^{-4} \end{pmatrix} \quad (9.19)$$

$$y^3x := a_0^3 + a_1^3 \cdot x + a_0^3 \cdot x^2 + a_3^3 \cdot x^3$$

Адекватно, для полінома дозволено підняти ступінь – коефіцієнти полінома сьомого ступеня обчислюються додаванням стовпчиків матриці коефіцієнтів:

$$\begin{aligned} N^{(4)} &:= X^4 & N^{(5)} &:= X^5 & N^{(6)} &:= X^6 & N^{(7)} &:= X^7 & a^7 &:= (N^T \cdot N)^{-1} \cdot N^T \cdot Y \\ a^7 &= (-0.372 \ 0.605 \ -0.303 \ 0.083 \ -0.013 \ 1.128 \cdot 10^{-3} \ -5.282 \cdot 10^{-5} \ 1.021 \cdot 10^{-6}) \\ y7(x) &:= a7_0 + a7_1 \cdot x + a7_2 \cdot x^2 + a7_3 \cdot x^3 + a7_4 \cdot x^4 + a7_5 \cdot x^5 + a7_6 \cdot x^6 + a7_7 \cdot x^7 \quad x := 1.11...12.5 \end{aligned} \quad (9.20)$$

Апроксимуючу функцію **y7(x)** виражають компактніше:

$$y7(x) := \sum_{j=0}^7 a7_j \cdot x^j. \quad (9.21)$$

Зносостійкість відновленого колінчастого вала, що апроксимований поліномом сьомого ступеня, зображена на рис. 9.3.

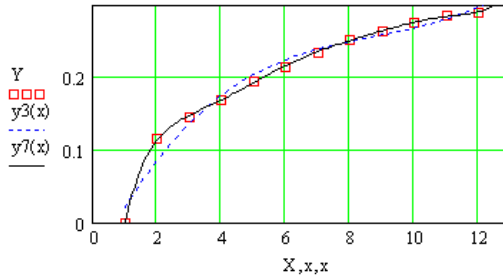


Рис. 9.3 – Апроксимація зносостійкості відновленого колінчастого вала поліномом сьомого ступеня
 $y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4 + a_5x^5 + a_6x^6 + a_7x^7$

Якщо розрахувати суми квадратів відхилень при відмінних ступенях апроксимуючого полінома:

$$\begin{aligned} \sum_i (y1(X_i) - Y_i)^2 &= 0.011 & \sum_i (y2(X_i) - Y_i)^2 &= 3.561 \cdot 10^{-3} & \sum_i (y3(X_i) - Y_i)^2 &= 1.737 \cdot 10^{-3} \\ \sum_i (y7(X_i) - Y_i)^2 &= 2.187 \cdot 10^{-5}. \end{aligned} \quad (9.22)$$

то видно, що збільшення ступеня призводить до зменшення суми квадратів відхилень апроксимуючої функції від висхідних експериментальних даних. Таким чином, поліном сьомого ступеня найкраще описує розглядуваний масив даних. Але потрібно помітити, що, використовуючи поліноми високих ступенів для апроксимації деяких систем, вони можуть неадекватно описати дослідні дані: за високих ступенях апроксимуючого багаточлена обчислені параметри повторюють помилки дослідження. Того сума квадратів відхилень буде неадекватним критерієм відповідності полінома дослідному масиву. Отже, потрібно застосувати такі критерії, як дисперсію адекватності

Завдання 9.3. Апроксимувати масив параметрів **M** функцією:

$$f(x) = A + B \cdot x + C \cdot \sin(x). \quad (9.23)$$

Коли апроксимуюча функція представлена лінійною комбінацією інших функцій, то можна застосувати функцію лінійного згладжування **linfit(vx,vy,f)** (за методом найменших квадратів лінійною комбінацією довільних функцій).

Функція **linfit** має три аргументи:

- вектор **x** – x-координати заданих точок,
- вектор **y** – y-координати заданих точок,

– функція F – містить набір функцій, який буде використовуватись для побудови лінійної комбінації.

Масив даних (вихідний):

$$M := \begin{pmatrix} 5 & 3 & 1 & 0 & 2 & 4 & 6 \\ 28 & 21 & 8 & 0 & 15 & 25 & 33 \end{pmatrix}. \quad (9.24)$$

Сортування:

$$M1 := \text{csort}(M, 0) \quad M1^T := \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ 0 & 8 & 15 & 21 & 25 & 28 & 33 \end{pmatrix}. \quad (9.25)$$

Дефініція апроксимуючого виразу вектором $\mathbf{f}$ для подальшого застосування функції `linfit`:

$$f(x) := \begin{pmatrix} 1 \\ x \\ \sin(x) \end{pmatrix} \quad \text{coef} := \text{linfit}(M1^{(0)}, M1^{(1)}, f) \quad \text{coef} = \begin{pmatrix} 19.331 \\ -0.284 \\ -0.6216 \end{pmatrix}. \quad (9.26)$$

Дефініція емпіричної формули за обчисленими коефіцієнтами апроксимації:

$$y_{\text{appr}}(x) := \text{coef}_0 + \text{coef}_1 \cdot x + \text{coef}_2 \cdot \sin(x) \quad (9.27)$$

$$x := \min(M1^{(0)}), \min(M1^{(0)}) + \frac{\max(M1^{(0)}) - \min(M1^{(0)})}{50} \dots \max(M1^{(0)}) \quad (9.28)$$

Результати обчислення представлені на рис. 9.4.

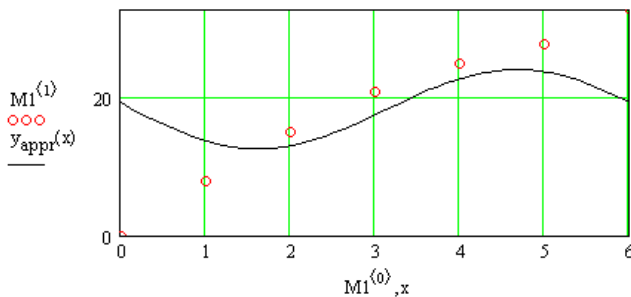


Рис. 9.4 – Апроксимація зносостійкості відновленого колінчастого вала функцією $f(x) = A + Bx + C\sin(x)$

З рис. 9.4 зрозуміло, що функцію **linfit** застосувати для поліноміальної апроксимації зносостійкості відновленого колінчастого вала не можна.

Завдання 9.4. Використання лінійної інтерполяції експериментальних даних зносостійкості відновленого колінчастого вала.

Найпростіший різновид інтерполяції – лінійна, яка полягає у наступному: точки (x_i, y_i) послідовно з'єднують прямолінійним відрізком, а функція **f(x)** підходить ламаною лінією з вершинами у цих точках. У MathCAD лінійна інтерполяція здійснюється вбудованою функцією **linterp**.

Linterp(vx,vy,x) – повертає значення у точці **x** (розраховане лінійною інтерполяцією даних) з точками, координати котрих знаходяться у векторах **vx, vy**.

Використаємо для інтерполяції дані масивів **X** та **Y** із завдання 1:

$$\text{fit}(X)^T = \begin{array}{c|cccccccccc} & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \\ \hline 0 & 0 & 0.115 & 0.146 & 0.17 & 0.195 & 0.214 & 0.235 & 0.253 & 0.264 & 0.275 \end{array} \quad (9.29)$$

$$Y^T = \begin{array}{c|cccccccccc} & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \\ \hline 0 & 0 & 0.115 & 0.146 & 0.17 & 0.195 & 0.214 & 0.235 & 0.253 & 0.264 & 0.275 \end{array}$$

Таким чином, обчислення дотримує основну умову інтерполяції – розрахункові дані у вузлах цілковито співпадають з таблично заданими значеннями **Y** (рис. 9.5).

$$\text{fit}(x) := \text{linterp}(X, Y, x)$$

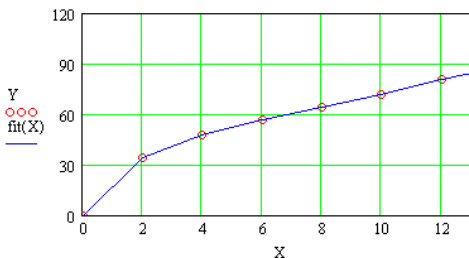


Рис. 9.5 – Апроксимація зносостійкості відновленого колінчастого вала лінійною інтерполяцією

Розглянемо також поведінку функцій **pspline**, **cspline**, **interp**:

– **pspline(vx,vy)** – розраховуються коефіцієнти параболічного сплайна, який побудований векторами **vx,vy** (обчислені коефіцієнти параболічного сплайна розташовуються у векторі **vp**).

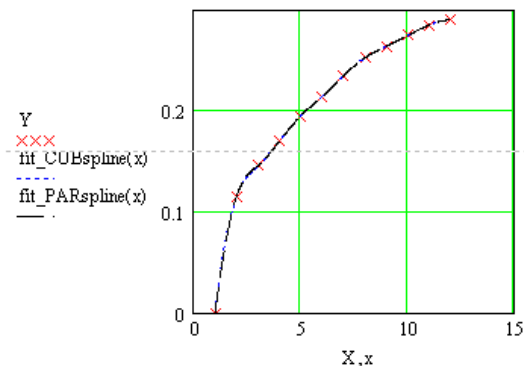
– **cspline(vx,vy)** – розраховуються коефіцієнти кубічного сплайна, який побудований векторами **vx,vy** (обчислені коефіцієнти кубічного сплайна розташовуються у векторі **vs**).

– **interp(vs,vx,vy,x)** – значення сплайна у точці **x** розраховане вихідними векторами **vx** і **vy** і коефіцієнтами кубічного сплайна **vs**.

Таким чином, у сплайн-інтерполяції надані точки з'єднують відрізками парабол другого порядку (**pspline**) або відрізками кубічних парабол (**cspline**: функція **interp** дозволяє розраховувати всякі значення аргументу між вузлами інтерполяції:

$$\begin{aligned} P &:= \text{pspline}(X, Y) \quad S := \text{cspline}(X, Y) \\ \text{fit_PARspline}(x) &:= \text{interp}(P, X, Y, x) \\ \text{fit_CUBspline}(x) &:= \text{interp}(S, X, Y, x) \quad x := 1, 1.01 \dots 12 \end{aligned} \tag{9.30}$$

Використання сплайн-інтерполяції для дефініції зносостійкості відновленого колінчастого вала наведено на рис. 9.6.



fit_PARSpline(a)	fit_CUBspline(a)
0	0
0.115	0.115
0.146	0.146
0.17	0.17
0.195	0.195
0.214	0.214
0.235	0.235
0.253	0.253
0.264	0.264
0.275	0.275
0.285	0.285
0.29	0.29

Рис. 9.6 – Апроксимація зносостійкості відновленого колінчастого вала сплайн-інтерполяцією

Аналізуючи отримані результати, можна зробити висновок, що найкраще моделюють результати дослідження зносу:

- поліном сьомого ступеня $y_7(x) := a_7 \cdot x^7 + a_6 \cdot x^6 + a_5 \cdot x^5 + a_4 \cdot x^4 + a_3 \cdot x^3 + a_2 \cdot x^2 + a_1 \cdot x + a_0$;
- апроксимуюча функція у вигляді рівняння прямої лінії $F(a, b, x) := a + b \cdot x$.
- функції **pspline**, **cspline**, **interp**.

Контрольні питання

1. Для чого призначене програмне забезпечення MathCAD?

2. Які математичні операції можна виконувати в MathCAD?
3. Як створити анімаційний об'єкт?
4. Що називають локальними і глобальними екстремумами функцій?
5. Як знайти локальні та глобальні екстремуми за допомогою системи MathCAD?
6. З чого складається вікно редагування системи MathCAD?
7. Що називають ідентифікатором MathCAD?
8. Що називають оператором MathCAD?
9. Що таке вираз MathCAD?
10. Як побудувати на площині криву, задану в параметричній формі?
11. Що називають масивом MathCAD? Типи масивів. Індексація елементів масивів.
12. Які основні оператори системи MathCAD для роботи з векторами та матрицями?
13. Які функції повертають спеціальні властивості матриць MathCAD?
14. Які додаткові матричні функції використовуються у системі MathCAD?
15. Які функції сортування для векторів і матриць MathCAD?
16. Що таке розв'язок СЛАР?
17. На які групи поділяються методи розв'язування систем?
18. Як побудувати на одній діаграмі графіки декількох функцій?
19. Які способи існують для побудови графіків у системі MathCAD?
20. Як функціонують команди меню **Insert > Graph**?

Література: [7–12; 14]

Література

1. Саєнко С. Ю. Основи САПР / С. Ю. Саєнко, І. В. Нечипоренко. – Харків : ХДУХТ, 2017. – 119с.
2. Трофименко О. Г. СУБД Access: створення та опрацювання баз даних / О. Г. Трофименко, Л. М. Буката. – Одеса : ОНАЗ ім. О. С. Попова, 2016. – 95 с.
3. Нестеров С. А. Бази даних [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://stud.com.ua/93779/informatika/bazi_danih.
4. Мулеса О. Ю. Основи мови запитів SQL / О. Ю. Мулеса. – Ужгород, 2015. – 48 с.
5. Економетрія / В. І. Суслов [та ін.]. – Київ : Видво СО РАН, 2005. – 744с.
6. Паранчук Я. С. Обчислювання та програмування в MathCAD : підручник / Я. С. Паранчук, В. І. Мороз. – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2013. – 364 с.
7. 3D CAD Design Software SolidWorks[Electronic resource]. – Access mode: <http://www.solidworks.com>.
8. Бази даних MS Access [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://naurok.com.ua/test/informatika-455835.html>.
9. СУБД MS Access [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://naurok.com.ua/test/subd-ms-access-387188.html>.
10. Тест №1. Бази даних Access. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ivk64school.ho.ua/file/11/ACCESSHTML/Tests/test1.htm>
11. Використання запитів у базі даних Microsoft Access [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.a18.pp.ua/kikt/lab/access/3.5.pdf>.
12. Створення схеми бази даних у СУБД Microsoft Access [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://asbit.nuczu.edu.ua/files/M3/3.2.pdf>.
13. База тестових завдань [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://matmod.fmi.org.ua/media/1153/база-тестових-завдань.pdf>
14. VBA [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://naurok.com.ua/test/vba-813902.html>
15. MathCad [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/10004454/page:35/>.

Додатки

Додаток А

Завдання самостійної роботи

(назва зміщеної або відновленої деталі та вузла)

1. Відновлення гільзи циліндра ЦПГ двигуна СМД-62.
2. Відновлення втулки рульового керування автомобіля Форд-Транзит.
3. Відновлення стержня клапана ГРМ автомобіля ВАЗ-2101.
4. Відновлення підшипників ковзання ГРМ автомобілів ВАЗ.
5. Зміцнення поршневого кільця компресора СО-243.
6. Відновлення розподільного вала автомобіля ВАЗ-2108.
7. Зміцнення шестірні масляного насоса ДВЗ автомобіля ВАЗ-2106.
8. Відновлення кульової опори автомобіля ВАЗ-2108.
9. Зміцнення шайби регулювальної ГРМ автомобіля ВАЗ-2109.
10. Відновлення ведучого вала коробки передач автомобіля ЗІЛ-130.
11. Зміцнення статорного кільця пластинчастого масляного насоса.
12. Відновлення вал-шестірні головної передачі заднього моста автомобіля ГАЗ-53.
13. Зміцнення стержня клапана ГРМ автомобіля ВАЗ-2101.
14. Відновлення поршневого пальця ДВЗ автомобіля ВАЗ.
15. Зміцнення поршневого пальця автомобіля Москвич-2140.
16. Відновлення кульового пальця автомобіля Москвич-2140
17. Відновлення черв'яка редуктора відкривання дверей тролейбуса ЗІУ-682Б.
18. Відновлення поворотного кулака тролейбуса ЗІУ-682Б.
19. Відновлення колінчастого вала автомобіля ЗІЛ-130
20. Відновлення вала паливного насоса високого тиску НД 21/4.
21. Відновлення гальмівної колодки автомобіля АЗЛК-2141.
22. Відновлення штовхача паливного насоса карбюраторного двигуна автомобіля ВАЗ.
23. Відновлення вал-коlesa редуктора дверей ЗІУ-682Б.
24. Відновлення деталей поршневої групи компресора високого тиску 4НР 3 КН-200/210-5-249 WLK.
25. Відновлення півосі автопричепа.
26. Зміцнення поршневих кілець ДВЗ автобуса ЛАЗ.
27. Відновлення опорного котка гусеничного трактора ДТ-75.
28. Відновлення шворневого вузла переднього колеса тролейбуса ЗІУ-682Б.
29. Відновлення шкворневої втулки автомобіля КамАЗ-5320.

30. Відновлення деталей стартера автомобіля ВАЗ-2107.
31. Відновлення важеля клапана автомобіля ВАЗ.
32. Відновлення розподільного вала ГРМ двигуна ЗАЗ Таврія-1102.
33. Відновлення втулки клапана ДВЗ автомобіля Таврія.
34. Відновлення кулачка ГРМ двигуна автомобіля ВАЗ-2108.
35. Відновлення розподільного вала двигуна ЯМЗ-236.
36. Відновлення гальмівного барабану автомобіля ЗІЛ-433100.
37. Відновлення шатунів автомобіля ЯМЗ-238.
38. Відновлення гвинта рульового механізму автомобіля ЗІЛ-130.
39. Відновлення гальмівних колодок автомобіля ЗІЛ-131.
40. Відновлення цапфи поворотного кулака колеса переднього моста автомобіля ГАЗ-66.
41. Зміцнення корпусу витискного підшипника автомобіля М-2140.
42. Відновлення первинного вала коробки передач автомобіля ВАЗ-2107.
43. Відновлення вал-шестірни приводу елеватора напівпричіпного скрепера ДЗ-74.
44. Відновлення вал-шестірни поворотного механізму екскаватора ЕШ 5/45М.
45. Відновлення диска гальмівного механізму автомобіля ВАЗ-2109.
46. Відновлення вала водяного насоса автомобіля ВАЗ-2108.
47. Відновлення вала водяного насоса автомобіля Урал-375Д.
48. Зміцнення вуха переднього карданного вала автомобіля МАЗ-5337.
49. Відновлення вала водяного насоса двигуна КамАЗ-740.
50. Відновлення головки блоку циліндрів двигуна КамАЗ-740.
51. Зміцнення розподільного вала двигуна ЯМЗ-236.

Деталі автомобільної техніки, виконані у SolidWorks [23–25]

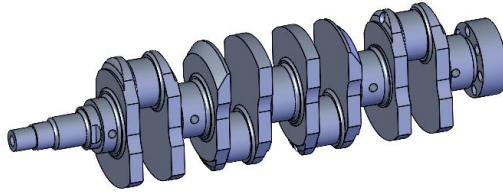


Рис. Б.1 – Колінчастий вал двигуна автомобіля ВАЗ-2108

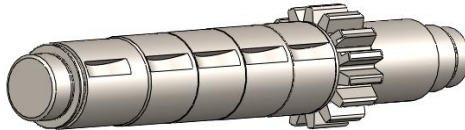
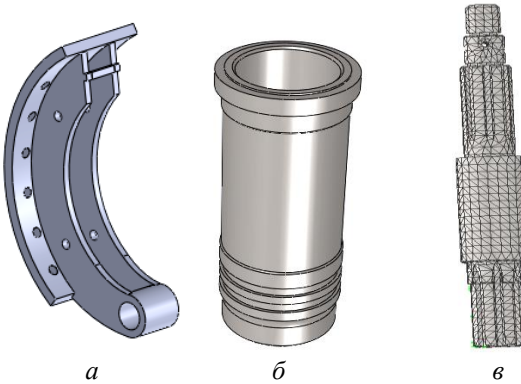
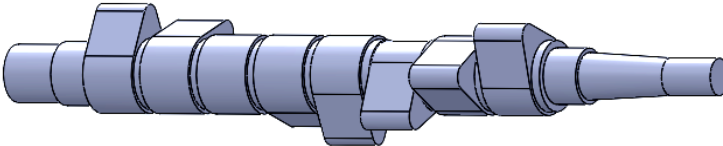


Рис. Б.2 – Проміжний вал коробки передач автомобіля ЗІЛ-130



**Рис. Б.3 – Гальмівна колодка автомобіля КраЗ (а),
гільза циліндра автомобіля ВАЗ (б), вал муфти зчеплення трактора КД-35 (в)**



**Рис. Б.4 – Вал кулачковий паливного насоса
високого тиску автомобіля КамАЗ**



**Рис. Б.5 – Хрестовина карданної передачі автомобіля ЗАЗ (а);
ведена шестірня заднього моста автомобіля МАЗ-509 (б);
переднє вухо карданного вала автомобіля МАЗ-5337 (в)**

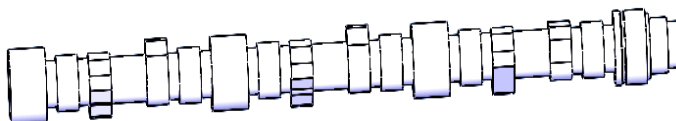


Рис. Б.6 – Розподільний вал двигуна ЯМЗ-236

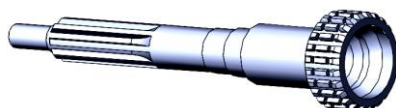


Рис. Б.7 – Первинний вал коробки передач автомобіля КамАЗ-5320

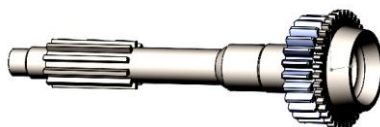


Рис. Б.8 – Первинний вал коробки передач автомобіля ГАЗ-24

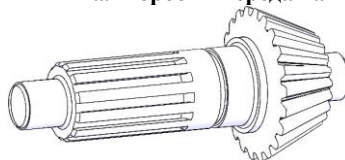


Рис. Б.9 – Вал-шестірня заднього моста автомобіля УАЗ-31512

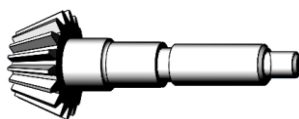


Рис. Б.10 – Вал-шестірня головної передачі автомобіля ГАЗ

Зміст

Вступ	3
<i>Лабораторна робота 1</i>	
Розробка бази даних зміцнення та відновлення колінчастого вала	9
<i>Лабораторна робота 2</i>	
Дефініція найкращого методу зміцнення та відновлення колінчастого вала.....	15
<i>Лабораторна робота 3</i>	
Розробка форм, звітів, кнопок форм елімінації дефектів колінчастого вала	20
<i>Лабораторна робота 4</i>	
Доробка інфологічної та даталогічної схем БД для дефініції найкращого режиму відновлення колінчастого вала.....	26
<i>Лабораторна робота 5</i>	
Застосування мови SQL для зміцнення та відновлення колінчастого вала.....	28
<i>Лабораторна робота 6</i>	
Застосування мови структурованих запитів SQL для розробки запитів на обрання.....	32
<i>Лабораторна робота 7</i>	
Використання VBA для зміцнення та відновлення колінчастого вала	34
<i>Лабораторна робота 8</i>	
Використання макросів для зміцнення та відновлення колінчастого вала.....	39
<i>Лабораторна робота 9</i>	
Застосування MathCAD для математичного моделювання зносостійкості відновленого колінчастого вала	45
Література	57
Додатки	59